

Министерство науки и высшего образования Российской Федерации  
 федеральное государственное автономное  
 образовательное учреждение высшего образования  
 «Национальный исследовательский Томский политехнический университет» (ТПУ)

Инженерная школа природных ресурсов  
 Направление подготовки: 05.04.06 «Экология и природопользование»  
 Отделение школы: отделение геологии

### МАГИСТЕРСКАЯ ДИССЕРТАЦИЯ

Тема работы
<b>Экологические аспекты содержания селена в природных объектах</b>
УДК 546.23:550.422

Студент

Группа	ФИО	Подпись	Дата
2ГМ81	Евдокимова Елизавета Алексеевна		

Руководитель ВКР

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Доцент	Осипова Нина Александровна	к.х.н., ст. науч. сотр.		

### КОНСУЛЬТАНТЫ ПО РАЗДЕЛАМ:

По разделу «Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение»

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Доцент	Рыжакина Татьяна Гавриловна	канд. экон. наук		

По разделу «Социальная ответственность»

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Старший преподаватель	Скачкова Лариса Александровна			

### ДОПУСТИТЬ К ЗАЩИТЕ:

Руководитель ООП	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Профессор	Барановская Н.В.	д.б.н., доцент		

Министерство науки и высшего образования Российской Федерации  
 федеральное государственное автономное  
 образовательное учреждение высшего образования  
 «Национальный исследовательский Томский политехнический университет» (ТПУ)

Инженерная школа природных ресурсов  
 Направление подготовки: 05.04.06 «Экология и природопользование»  
 Отделение школы: отделение геологии

Планируемые результаты обучения по программе  
 05.04.06 «Экология и природопользование»

Код	Результат обучения	Требования ФГОС ВО, СУОС, критериев АИОР, и/или заинтересованных сторон
<b>Общие по направлению подготовки (специальности)</b>		
P1	Применять глубокие базовые и специальные, естественно-научные и профессиональные знания в профессиональной деятельности для решения задач, связанных с рациональным природопользованием и охраной окружающей среды	Требования ФГОС ВО, СУОС ТПУ (УК-1 (соотв. ОК-1 из ФГОС ВО), ОПК- 1, 2, 3, 6, 7, 8, ПК-1, 2, 4, 6, 10), CDIO Syllabus (1.1, 1.2, 2.2, 2.3, 2.4), Критерий 5 АИОР (п. 5.1, 5.2.1-5.2.3., 5.2.5, 5.2.9), согласованный с требованиями международных стандартов EUR-ACE и FEANI, требования профессиональных стандартов 26.008 «Специалист-технолог в области природоохранных (экологических) биотехнологий», 40.117 «Специалист по экологической безопасности (в промышленности)», 40.133 «Специалист контроля качества и обеспечения экологической и биологической в области обращения с отходами»
P2	Разрабатывать природоохранные мероприятия, практические рекомендации по охране природы и обеспечению устойчивого развития, диагностировать проблемы охраны природы, проводить оценку воздействия планируемых сооружений на окружающую среду с учетом российских и международных стандартов	Требования ФГОС ВО, СУОС ТПУ (УК-1 (соотв. ОК-1 из ФГОС ВО), УК-2 (соотв. ОК-2 из ФГОС ВО), ОПК- 2, 6, 7, 8, ПК- 2, 3, 4, 5, 6, 9), CDIO Syllabus (1.2, 2.1, 4.1, 4.3, 4.4), Критерий 5 АИОР (п. 5.2.4, 5.2.7-5.2.8), согласованный с требованиями международных стандартов EUR-ACE и FEANI, требования профессиональных стандартов 26.008 «Специалист-технолог в области природоохранных (экологических) биотехнологий», 40.117 «Специалист по экологической безопасности (в промышленности)», 40.133 «Специалист контроля качества и обеспечения экологической и биологической в области обращения с отходами»
P3	Организовывать и проводить экологическую экспертизу различных видов проектного задания, осуществлять экологический аудит любого объекта, владеть основами проектирования	Требования ФГОС ВО, СУОС ТПУ (УК-1 (соотв. ОК-1 из ФГОС ВО), УК-2 (соотв. ОК-2 из ФГОС ВО), ОПК-6, 7, 8, ПК- 3, 4, 5, 7, 8, 9), CDIO Syllabus(2.1, 3.1, 3.2, 4.1, 4.3, 4.4, 4.7), Критерий 5АИОР (п. 5.1, 5.2.6, 5.2.10, 5.2.14.-5.2.15), согласованный с требованиями международных стандартов EUR-ACE и FEANI, требования профессиональных стандартов 26.008 «Специалист-технолог в области природоохранных (экологических) биотехнологий», 40.117 «Специалист по экологической безопасности (в промышленности)», 40.133 «Специалист контроля качества и обеспечения экологической и биологической в области обращения с отходами»
P4	Эффективно работать индивидуально, в качестве члена и руководителя группы, состоящей из специалистов различных направлений и	Требования ФГОС ВО, СУОС ТПУ (УК-3, УК-5, ОПК-3, 5, 7, 9, ПК- 9, 10), CDIO Syllabus(2.1, 2.2, 2.3, 2.4, 3.1, 3.2, 4.1, 4.7), Критерий 5АИОР (п. 5.1, 5.2.16), согласованный с требованиями международных стандартов EUR-ACE и FEANI, требования профессиональных стандартов 26.008

	квалификаций, демонстрировать ответственность за результаты работы и готовность следовать корпоративной культуре организации	«Специалист-технолог в области природоохранных (экологических) биотехнологий», 40.117 «Специалист по экологической безопасности (в промышленности)», 40.133 «Специалист контроля качества и обеспечения экологической и биологической в области обращения с отходами»
P5	Активно владеть иностранным языком на уровне, позволяющем работать в интернациональном коллективе. Разрабатывать документацию, презентовать и защищать результаты инновационной деятельности в сфере охраны окружающей среды, в том числе на иностранном языке	Требования ФГОС ВО, СУОС ТПУ (УК-4, УК-5, УК-6 (соотв. ОК-3 из ФГОС), ПК- 1, ПК-2, ПК-4, ОПК-3, ОПК-4, ОПК-6, ОПК-8), Критерий 5АИОР (п. 5.2.12-5.2.16), согласованный с требованиями международных стандартов EUR-ACE и FEANI, требования профессиональных стандартов 26.008 «Специалист-технолог в области природоохранных (экологических) биотехнологий», 40.117 «Специалист по экологической безопасности (в промышленности)», 40.133 «Специалист контроля качества и обеспечения экологической и биологической в области обращения с отходами»
P6	Самостоятельно учиться и непрерывно повышать квалификацию в течение всего периода профессиональной деятельности	Требования ФГОС ВО, СУОС ТПУ (УК-1 (соотв. ОК-1 из ФГОС), УК-6 (соотв. ОК-3 из ФГОС), ОПК-2, 3, 4, 5, 6, 8, ПК-1, 3, 4, 6, 10), CDIO Syllabus(2.2, 2.4, 2.5, 3.2, 3.3, 4.2), Критерий 5 АИОР (п. 5.1, 5.2.13-5.2.16), согласованный с требованиями международных стандартов EUR-ACE и FEANI, требования профессиональных стандартов 26.008 «Специалист-технолог в области природоохранных (экологических) биотехнологий», 40.117 «Специалист по экологической безопасности (в промышленности)», 40.133 «Специалист контроля качества и обеспечения экологической и биологической в области обращения с отходами»

Министерство науки и высшего образования Российской Федерации  
 федеральное государственное автономное  
 образовательное учреждение высшего образования  
 «Национальный исследовательский Томский политехнический университет» (ТПУ)

Инженерная школа природных ресурсов  
 Направление подготовки: 05.04.06 «Экология и природопользование»  
 Отделение школы: отделение геологии

УТВЕРЖДАЮ:  
 Руководитель ООП  
 Барановская Н.В.  
 \_\_\_\_\_  
 (Подпись)      (Дата)      (Ф.И.О.)

### **ЗАДАНИЕ** **на выполнение выпускной квалификационной работы**

В форме:

магистерской диссертации
(бакалаврской работы, дипломного проекта/работы, магистерской диссертации)

Студенту:

Группа	ФИО
2ГМ81	Евдокимовой Елизавете Алексеевне

Тема работы:

Экологические аспекты содержания селена в природных объектах
Утверждена приказом директора (дата, номер) <span style="float: right;">58-46/с от 27.02.2020</span>

Срок сдачи студентом выполненной работы:	31.05.2020
--	------------

### ТЕХНИЧЕСКОЕ ЗАДАНИЕ:

<b>Исходные данные к работе</b> <i>(наименование объекта исследования или проектирования; производительность или нагрузка; режим работы (непрерывный, периодический, циклический и т. д.); вид сырья или материал изделия; требования к продукту, изделию или процессу; особые требования к особенностям функционирования (эксплуатации) объекта или изделия в плане безопасности эксплуатации, влияния на окружающую среду, энергозатратам; экономический анализ и т. д.).</i>	Литературные и фондовые материалы, данные по раннее проведенным исследованиям, результаты собственных научных исследований (проб обыкновенного окуня, отобранных на территории Карагасокского, Зырянского и Шегарского районов Томской области).
<b>Перечень подлежащих исследованию, проектированию и разработке вопросов</b> <i>(аналитический обзор по литературным источникам с целью выяснения достижений мировой науки техники в рассматриваемой области; постановка задачи исследования, проектирования, конструирования; содержание процедуры исследования, проектирования, конструирования; обсуждение результатов выполненной работы; наименование дополнительных разделов, подлежащих разработке; заключение по работе).</i>	Обзор литературы по биологическому значению селена для живых организмов. Обзор литературы по источникам поступления селена в окружающую среду. Обзор литературы по раннее проведенным исследованиям содержания селена в организме рыб. Изучение содержания селена в мышечной ткани обыкновенного окуня, отобранного в водных объектах бассейна р. Обь на территории Томской области, при помощи флуориметрического метода на анализаторе жидкости «Флюорат-02».

<b>Перечень графического материала</b> (с точным указанием обязательных чертежей)	1. Карта отбора проб обыкновенного окуня на территории Томской области
<b>Консультанты по разделам выпускной квалификационной работы</b> (с указанием разделов)	
<b>Раздел</b>	<b>Консультант</b>
Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение	Рыжакина Т.Г.
Социальная ответственность	Скачкова Л.А.
Иностранный язык	Сыскина А.А.
<b>Названия разделов, которые должны быть написаны на русском и иностранном языках:</b>	
Введение	
1. Биологическое значение селена и его содержание в биосредах	

<b>Дата выдачи задания на выполнение выпускной квалификационной работы по линейному графику</b>	10.10.2019
---	------------

**Задание выдал руководитель:**

<b>Должность</b>	<b>ФИО</b>	<b>Ученая степень, звание</b>	<b>Подпись</b>	<b>Дата</b>
Доцент	Осипова Н.А.	К.Х.Н., ст. науч. сотр.		

**Задание принял к исполнению студент:**

<b>Группа</b>	<b>ФИО</b>	<b>Подпись</b>	<b>Дата</b>
2ГМ81	Евдокимова Елизавета Алексеевна		

Министерство науки и высшего образования Российской Федерации  
 федеральное государственное автономное  
 образовательное учреждение высшего образования  
 «Национальный исследовательский Томский политехнический университет» (ТПУ)

Инженерная школа природных ресурсов  
 Направление подготовки: 05.04.06 «Экология и природопользование»  
 Уровень образования: магистратура  
 Отделение геологии  
 Период выполнения (осенний/весенний семестр 2019/2020 учебного года)

Форма представления работы:

<b>магистерская диссертация</b>
(бакалаврская работа, дипломный проект/работа, магистерская диссертация)

### КАЛЕНДАРНЫЙ РЕЙТИНГ-ПЛАН выполнения выпускной квалификационной работы

Срок сдачи студентом выполненной работы:	31.05.2020
--	------------

Дата контроля	Название раздела (модуля) / вид работы (исследования)	Максимальный балл раздела (модуля)
01.10.2019	Глава 1. Биологическое значение селена и его содержание в биосредах	
01.11.2019	Глава 2. Эколого-географическая характеристика Обского бассейна	
01.12.2019	Глава 3. Материалы и методы исследований	
08.03.2020	Глава 4. Результаты и их обсуждение	
20.04.2020	Глава 5. Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение	
20.05.2020	Глава 6. Социальная ответственность	

**СОСТАВИЛ:**  
**Руководитель ВКР**

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Доцент	Осипова Н.А.	К.Х.Н., ст. науч. сотр.		

**СОГЛАСОВАНО:**  
**Руководитель ООП**

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Профессор	Барановская Н.В.	д.б.н., доцент		

# ЗАДАНИЕ ДЛЯ РАЗДЕЛА «ФИНАНСОВЫЙ МЕНЕДЖМЕНТ, РЕСУРСОЭФФЕКТИВНОСТЬ И РЕСУРСОСБЕРЕЖЕНИЕ»

Студенту:

<b>Группа</b>	<b>ФИО</b>
2ГМ81	Евдокимовой Елизавете Алексеевне

<b>Школа</b>	<b>Инженерная школа природных ресурсов</b>	<b>Отделение школы (НОЦ)</b>	<b>Отделение геологии</b>
<b>Уровень образования</b>	<b>Магистратура</b>	<b>Направление/специальность</b>	<b>Экология и природопользование</b>

## Исходные данные к разделу «Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение»:

1. Стоимость ресурсов научного исследования (НИ): материально-технических, энергетических, финансовых, информационных и человеческих	Расчет сметной стоимости, выполняемых работ, согласно применяемой техники и технологии Материально-технические ресурсы: 1 381 858 млн. рублей Информационные ресурсы: фондовая литература Человеческие ресурсы: 2 человека
2. Нормы и нормативы расходования ресурсов	Нормы расхода материалов, тарифные ставки заработной платы рабочих, нормы амортизационных отчислений, нормы времени на выполнение операций, нормы расхода материалов, инструмента и др.
3. Используемая система налогообложения, ставки налогов, отчислений, дисконтирования и кредитования	Ставка налога на прибыль 20 %; Налог на добавленную стоимость 20%

## Перечень вопросов, подлежащих исследованию, проектированию и разработке:

1. Оценка коммерческого потенциала, перспективности и альтернатив проведения НИ с позиции ресурсоэффективности и ресурсосбережения	Проведение предпроектного анализа. Определение целевого рынка и проведение его сегментирования. Выполнение SWOT-анализа проекта.
2. Планирование и формирование бюджета научных исследований	Определение целей и ожиданий, требований проекта. Определение бюджета научного исследования.
3. Определение ресурсной (ресурсосберегающей), финансовой, бюджетной, социальной и экономической эффективности исследования	Проведение оценки экономической эффективности, ресурсоэффективности и сравнительной эффективности различных вариантов исполнения.

## Перечень графического материала (с точным указанием обязательных чертежей):

1. Оценка конкурентоспособности технических решений
2. Матрица SWOT
3. Альтернативы проведения НИ
4. График проведения и бюджет НИ
5. Оценка ресурсной, финансовой и экономической эффективности НИ

<b>Дата выдачи задания для раздела по линейному графику</b>	30.01.2020
---	------------

**Задание выдал консультант:**

<b>Должность</b>	<b>ФИО</b>	<b>Ученая степень, звание</b>	<b>Подпись</b>	<b>Дата</b>
Доцент	Рыжакина Т.Г.	канд. экон. наук		30.01.2020

**Задание принял к исполнению студент:**

<b>Группа</b>	<b>ФИО</b>	<b>Подпись</b>	<b>Дата</b>
2ГМ81	Евдокимова Елизавета Алексеевна		30.01.2020

## ЗАДАНИЕ ДЛЯ РАЗДЕЛА «СОЦИАЛЬНАЯ ОТВЕТСТВЕННОСТЬ»

Студенту:

Группа	ФИО
2ГМ81	Евдокимовой Елизавете Алексеевне

Школа	Инженерная школа природных ресурсов	Отделение (НОЦ)	Отделение геологии
Уровень образования	Магистратура	Направление/специальность	05.04.06 Экология и природопользование

Тема ВКР:

Экологические аспекты содержания селена в природных объектах	
<b>Исходные данные к разделу «Социальная ответственность»:</b>	
1. Характеристика объекта исследования (вещество, материал, прибор, алгоритм, методика, рабочая зона) и области его применения	<p>Объектом исследования является мышечная ткань окуня обыкновенного (<i>Perca fluviatilis</i>), отобранного в водных объектах Каргасокского, Зырянского и Шегарского районов Томской области.</p> <p>В ходе работы проводится определение содержания селена в мышечной ткани рыбы на анализаторе жидкости «Флюорат-02».</p> <p>Исследования проводились в аналитической лаборатории на базе отделения геологии ИШПР НИ ТПУ.</p> <p>Результаты работы могут быть использованы санитарно-эпидемиологическими органами Томской области, а также научно-исследовательскими институтами.</p>
Перечень вопросов, подлежащих исследованию, проектированию и разработке:	
<b>1. Правовые и организационные вопросы обеспечения безопасности:</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>— специальные (характерные при эксплуатации объекта исследования, проектируемой рабочей зоны) правовые нормы трудового законодательства;</li> <li>— организационные мероприятия при компоновке рабочей зоны.</li> </ul>	ГОСТ 30494-2011, ГОСТ Р 55710-2013, ГОСТ 12.0.003-2015, ГОСТ 12.4.011-89, ГОСТ Р 12.1.019-2009, ГОСТ 12.1.004-91, ГОСТ 12.1.007-76, ГОСТ 12.4.009-83, ГОСТ 7631-2008, Конституция Российской Федерации (1993), ПНД Ф 12.13.1-03, Р 2.2.2006-05, СанПиН 2.2.2.542-96, СанПиН 2.2.4.548-96, СанПиН 2.2.2/2.4.2620-10, СНиП 23-05-95, СНиП 21-01-97, Трудовой кодекс Российской Федерации, Федеральный закон "О специальной оценке условий труда", Федеральный закон "Технический регламент о требованиях пожарной безопасности"
<b>2. Производственная безопасность:</b> 2.1. Анализ выявленных вредных и опасных факторов 2.2. Обоснование мероприятий по снижению воздействия	<p>Вредные факторы: отклонение показателей погодных условий на открытом воздухе; отклонение показателей микроклимата в помещении; тяжесть и напряженность физического труда, монотонность работы; недостаточная освещенность рабочей зоны.</p> <p>Опасные факторы: электрический ток, пожароопасность, работа с химическими реактивами.</p>
<b>3. Экологическая безопасность:</b>	Воздействие на окружающую среду, которое оказывает объект исследования и его изучение в лабораторных условиях, находится в пределах нормы.



<b>4. Безопасность в чрезвычайных ситуациях:</b>	<i>Возможным и наиболее типичные ЧС является пожар на рабочем месте.</i>
--	--

<b>Дата выдачи задания для раздела по линейному графику:</b>	<b>30.01.2020</b>
--	-------------------

**Задание выдал консультант:**

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Старший преподаватель ООД ШБИП	Скачкова Лариса Александровна			

**Задание принял к исполнению студент:**

Группа	ФИО	Подпись	Дата
2ГМ81	Евдокимова Елизавета Алексеевна		

## РЕФЕРАТ

Выпускная квалификационная работа объемом 136 страниц, 10 рисунков, 34 таблицы, 102 источника, 3 приложения.

Ключевые слова: селен, обыкновенный окунь, бассейн р. Обь, водные экосистемы, флуориметрический метод, аккумуляция.

Объектом исследования является обыкновенный окунь обитающий на территории Томской обл. в бассейне р. Обь.

Предметом исследования является уровень содержания селена в мышечной ткани обыкновенного окуня.

Цель работы – определить содержание селена в мышечной ткани окуня обыкновенного (*Perca fluviatilis*), одного из основных промысловых видов рыб в бассейне Оби.

В процессе работы проводились: обзор литературы по данной теме, пробоподготовка проб рыбы для лабораторных исследований, измерение массовой доли селена в пробах обыкновенного окуня флуориметрическим методом на анализаторе жидкости «Флюорат-02», сравнение полученных результатов с известными литературными данными.

В результате исследования определено содержание массовой доли селена в мышечной ткани обыкновенного окуня, отобранного в бассейне р. Обь, на территории Шегарского, Зырянского и Карагасокского районов Томской области и дана оценка обеспеченности речной рыбы изучаемым микроэлементом.

Область применения: геоэкология и геохимия.

Работа выполнена в рамках научно-исследовательских работ отделения геологии ИШПР.

Значимость работы: данные содержания элемента-антиоксиданта в одном из основных промысловых видов рыб могут быть использованы для пополнения базы данных концентраций селена в гидробионтах и корректировки системы питания населения прибрежных сел и городов бассейна р. Обь.

## СОДЕРЖАНИЕ

ВВЕДЕНИЕ .....	13
1. Биологическое значения селена и его содержание в биологических средах .....	16
1.1 Исторические аспекты изучения селена .....	16
1.2 Биологическое значение селена для живых организмов.....	19
1.3 Источники селена в окружающей среде .....	25
1.3.1 Природные источники селена.....	25
1.3.2 Антропогенные источники селена .....	30
1.4 Селен в природных водах .....	35
2. Эколого-географическая характеристика Обского бассейна.....	39
2.1 Гидрографическая характеристика. Притоки и озера (места отбора проб) реки Обь.....	39
2.2 Гидрологическая и гидрохимическая характеристика реки Обь.....	42
2.3 Обоснование использования вида <i>Perca fluviatilis</i> (окунь обыкновенный) в целях геоэкологических исследований .....	45
2.4 Характерные признаки, распространение, размножение и питание обыкновенного окуня.....	47
3. Материалы и методы исследования .....	50
3.1 Отбор проб и пробоподготовка .....	50
3.2 Методика аналитических исследований .....	53
4. Содержание селена в мышечной ткани окуня, обитающего в водных объектах бассейна р. Обь .....	55
5. Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение ..	64
5.1 Предпроектный анализ.....	64
5.2. Инициация проекта .....	72
5.3. Планирование управления научно-техническим проектом .....	74
5.4. Определение ресурсной (ресурсосберегающей), финансовой, бюджетной, социальной и экономической эффективности исследования .....	85

6. Социальная ответственность при оценке содержания селена в мышечной ткани окуня обыкновенного ( <i>Perca fluviatilis</i> ) .....	95
6.1 Правовые и организационные вопросы обеспечения безопасности .....	96
6.2 Производственная безопасность .....	97
6.3 Анализ опасных и вредных производственных факторов и обоснование мероприятий по их устранению .....	98
6.4 Экологическая безопасность .....	104
6.5 Безопасность в чрезвычайных ситуациях .....	105
ЗАКЛЮЧЕНИЕ .....	107
СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ .....	109
Приложение А .....	119
Приложение Б – Карта отбора проб обыкновенного окуня на территории Томской области .....	134
Приложение В – Протокол испытаний на содержание селена № 10-1 Р .....	135

## ВВЕДЕНИЕ

Селен относится к числу микроэлементов, недостаток или избыток которых в рационе человека и животных приводит к серьезным заболеваниям. Роль селена в окружающей среде во многом определена его узким диапазоном нормальных концентраций, выше которых этот элемент обладает токсичными свойствами, а ниже – уже дефицитен.

Селен является значимым питательным веществом и выполняет важные функции в организме, включая метаболизм гормонов щитовидной железы, окислительно-восстановительные реакции и иммунные функции. При включении селена в белки, такие как глутатионпероксидаза, он становится одним из самых важных антиоксидантов в организме.

Хоть селен и является значимым элементом для живого организма, существуют потенциальные риски здоровья для определенных групп, которые имеют или могут иметь повышенные уровни воздействия селена. Селеноз, или, более конкретно, селеновый токсикоз, у людей характеризуется желтушностью, шелушением эпидермиса, повреждением эмали зубов, артритом, анемией, нервными расстройствами [51]. На территориях с повышенным содержанием селена у людей встречаются экземы, постоянная усталость и отсутствие аппетита, заболевания желудочно-кишечного тракта, печени и селезенки. Избыток селена в окружающей среде также неблагоприятно влияет на процессы оссификации (процесс формирования костной ткани) и на состояние зубов.

*Актуальность работы.* Согласно современным данным [17, 18, 89], дефицит селена в окружающей среде характерен для двадцати семи регионов Российской Федерации. Направленного исследования обеспеченности селеном территории Западной-Сибири не проводилось, но косвенные данные свидетельствуют о том, что данный регион относится к территориям с «субоптимальным» статусом селена.

Очевидно, что самый безопасный способ оптимизировать обеспеченность селеном населения России – это потреблять его в составе

продуктов питания. Поскольку большая часть территории России является внутриконтинентальной, то в вопросе оценки пищевых источников селена актуальность приобретает установление содержания этого элемента в пресноводной рыбе.

В связи с этим, целью магистерской диссертации является определение содержания селена в мышечной ткани окуня обыкновенного (*Perca fluviatilis*), одного из основных промысловых видов рыб в бассейне р. Обь.

Исходя из поставленной цели, были определены следующие задачи:

- изучить и проанализировать научную и методическую литературу по теме исследования;
- освоить методику измерений массовой доли селена в пробах пищевых продуктов и продовольственного сырья;
- определить содержания селена в мышечной ткани окуня обыкновенного флуориметрическим методом на анализаторе жидкости «Флюорат-02»;
- сравнить полученные результаты с имеющимися литературными данными и дать оценку содержанию селена в пресноводной рыбе.

*Объект исследования:* обыкновенный окунь бассейна р. Обь.

*Предмет исследования:* уровень содержания селена в мышечной ткани обыкновенного окуня (лат. *Perca fluviatilis*), отобранного в бассейне р. Обь.

*Научная новизна:*

- впервые определено содержание селена в мышечной ткани речной рыбы, отобранной в бассейне р. Обь, на территории Томской области;
- дана оценка содержанию селена в речной рыбе Томской области, как пищевому источнику изучаемого микроэлемента.

Личный вклад автора в получении результатов заключается в непосредственном участии в пробоподготовке проб к анализам, измерении массовой доли селена флуориметрическим методом на анализаторе жидкости «Флюорат-02», а также в обработке материала.

Материалы исследования были представлены автором на Международных симпозиумах имени академика М.А. Усова в 2019-2020 годах в г. Томске.

## 1. Биологическое значения селена и его содержание в биологических средах

### 1.1 Исторические аспекты изучения селена

Большим толчком к развитию исследований селена как микроэлемента послужило открытие его эссенциальности для организма человека и животных, не смотря на то, что достаточно долгое время его считали исключительно токсичным элементом. Селен был открыт в 1817 г. в Швеции на пиритовых рудниках Якобом Берцелиусом, который впервые описал свойства нового элемента. В литературе так же имеются данные, что селен был открыт в XIV веке Арнольдом де Вилланова [37]. Он изучал осадок красного цвета, появляющийся на стенках контейнера, используемого для выпаривания серы, что сейчас мы можем объяснить двойственностью между селеном и серой. Однако, "красной сере" не было уделено должного внимания.

В современной литературе выделяют несколько исторических этапов исследования данного элемента. Селен исключительно как токсичный агент для живых организмов воспринимался с XIX до начала XX века. Первое упоминание о токсичности селена относится к 1856 году, когда Г. Медисон описал появление заболевания у лошадей, характеризующегося выпадением волос на теле и хвосте и заболеванием конечностей. Причина этого заболевания стала известна только в 1929 году, после обнаружения повышенного количества селена в растениях, которым питались животные (до 1 г/кг зелёной массы, преимущественно в астрагалах) [17]. Селеновый токсикоз у животных, связанный с избытком данного элемента в растениях и почвах, был установлен во многих странах. Тем не менее, в настоящее время известно, что гиперселеновые биогеохимические провинции занимают относительно небольшую территорию, и очень редко встречаются, особенно в условиях влажного и полувлажного климата [36].

Второй этап в изучении селена был связан с определением необходимого содержания этого элемента для обеспечения



жизнедеятельности человека и животных. В этот период (примерно с 1929 по 1957 гг.) был проявлен большой интерес к этому элементу как к необходимому для живых организмов, но недостаток которого приводил ко многим заболеваниям. Было показано защитное действие селена против беломышечной болезни домашнего скота, которая развивается при недостатке данного элемента в кормах. В связи с этим возрос интерес к роли микроэлемента в сельском хозяйстве. Было доказано, что недостаток селена в пище у животных приводит к развитию миодистрофии (заболевания мышечных структур), кардиомиопатии и циррозу печени.

Однако с 1943 г. формируется мнение о канцерогенных свойствах селена на основании того, что селеносодержащие добавки вызывали цирроз печени у крыс при постоянном скармливании их в токсических дозах [17]. Но, начиная с 1956 г., в США проводились продолжительные эксперименты на крысах с разными количествами селенита и селената, в ходе которых не было обнаружено рака, вызванного селеном [101]. Результаты этих экспериментов подвергли сомнению вопрос о канцерогенности селена. Позже Шамбергером были проведены опыты на питательной основе, в которых случаи заболевания раком были более частыми у мышей, лишенных селена, чем у мышей, пользующихся его добавкой, что в очередной раз доказало насколько узкий диапазон между токсичностью и эссенциальностью у данного элемента.

Началом современного периода изучения селена (с 60-х годов XX века по н.в.) стало открытие селеносодержащего фермента – глутатионпероксидазы который нейтрализует активные формы кислорода и свободные радикалы в живых клетках. А так же выявлением многочисленных территорий с низким содержанием селена в среде, кормах и продуктах питания. Прочное укоренение селеносодержащих лекарств на фармакологическом рынке и глобальное использование пищевых добавок для преодоления недостатка селена по всему миру, являются отличительными чертами данного периода. Неорганические формы селена -

селенит и селенат натрия были первыми появившимися препаратами (в 1970-е гг.) [36]. В 1984 г. был получен синтетический селенометионин – первый из органических форм, обладающий значительно большей биологической активностью по сравнению с предшественниками. На многие годы он стал основной пищевой формой селена. В настоящее время существует несколько органических селеносодержащих препаратов: селеноцистеин, селенопиран, эбселен [14].

На сегодняшний день изучение селена осуществляется по многим направлениям. Это касается роли селена в жизнедеятельности человека и животных: его участием в метаболизме, в антиоксидантной защите, в поддержании иммунитета, в нормальной функции селеносодержащих ферментов [98]. Изучается защитная функция селена, предотвращающая повреждение цепочки ДНК в случае заболевания раком, и вредное воздействие больших доз селена на целостность и репарацию ДНК [87, 93].

В этот период активно ведутся работы по изучению роли селена в аккумуляции и миграции в компонентах биогеохимической цепи «почва-растение-человек» [18, 41], возможного обогащения селеном продуктов питания, как повседневного потребления, так и для потребления при определенных заболеваниях [35, 76, 78], аккумуляции селена гидробионтами в различных водных объектах Российской Федерации [7, 15, 51], а так же корректировки накопления и распределения селена в рыбах при добавлении селеносодержащих препаратов в корм и многие другие аспекты, касающиеся действия этого элемента на живые организмы.

Таким образом, на протяжении многих десятилетий биологическая активность селена привлекает внимание ученых. Однако, несмотря на его безусловном значении в жизнедеятельности организмов, многие особенности (активность разных форм соединений, концентрационные зависимости эффектов на животных и человека и др.) остаются недостаточно изученными до настоящего времени.

## 1.2 Биологическое значение селена для живых организмов

Селен является значимым питательным веществом для здоровья человека. Он необходим для метаболизма костной ткани, обмена йода, иммунной и репродуктивной функции, и многих других важных процессов. Он входит в состав специфических селенопротеинов (например, глутатионпероксидаза, селенопротеин Р и др.), которые были идентифицированы в протеоме человека (совокупность белков организма, производимых клеткой, тканью или организмом в определённый период времени). Биологические функции некоторых из них до сих пор неизвестны, тогда как для других доказана роль в антиоксидантной защите, регуляции окислительно-восстановительных процессов и широком спектре метаболических путей. Так же в последнее время некоторые из селенопротеинов стали использовать в качестве биомаркеров различных заболеваний, таких как диабет и несколько форм рака [98].

Хорошо известна необходимость селена для нормального функционирования щитовидной железы. Этот орган содержит наибольшее количество селена в пересчете на 1 г ткани в виде селенопротеинов, которые влияют на синтез тиреоидных гормонов, а они, в свою очередь, стимулируют рост и развитие организма. Но этим не ограничивается роль селена в работе щитовидной железы. С участием селенопротеина – глутатионпероксидаза, проходит каталитическая реакция распада перекиси водорода в организме и тем самым ограничивается повреждающее воздействие на ткань щитовидной железы [17]. Существуют немногочисленные исследования, которые подтверждают, что низкая концентрация селена в крови в сочетании с дефицитом йода связана с повышенным риском формирования диффузного зоба и узлов в щитовидной железе [96]. В нескольких исследованиях изучалась частота возникновения рака щитовидной железы и низкого уровня селена в крови и моче [91]. Точные механизмы воздействия дефицита селена на развитие рака пока неизвестны, но предполагается, что недостаток

селенопротеинов приводит к увеличению свободных радикалов, способствующих канцерогенезу и прогрессированию заболевания.

В животноводстве селен уже давно признан необходимым для успешного размножения. Было показано, что выкидыш в ветеринарной практике связан с дефицитом селена, в то время как применение добавок селена у овец предотвращает преждевременные роды [98]. Изучая, может ли это также относиться и к людям, ученые обнаружили более низкие уровни селена в сыворотке крови у женщин, которые перенесли повторные выкидыши, либо первый триместр. Предположительно, что выкидыши на ранних сроках, могут быть связаны с пониженной антиоксидантной защитой биологических мембран из-за низкого уровня селена в организме [94].

Существует ряд признаков того, что селен важен для работы головного мозга: при дефиците селена изменяется скорость нейротрансмиттеров (химические передатчики сигналов между нейронами); добавление селена в пищу детей страдающими эпилептическими припадками улучшало их состояние; низкий уровень селена в плазме крови у пожилых людей в значительной степени связан с ускорением старения и снижением когнитивных функций (снижение памяти и умственной работоспособности) [98]. Ряд исследований доказывает положительное влияние селена на настроение и общее самочувствие человека. А низкий уровень селена связан с большей частотой возникновения депрессий и других негативных состояний, таких как беспокойство, растерянность, враждебность [90].

Как избыток селена, так и его недостаток опасны для живых организмов. Селеноз, или, более конкретно, селеновый токсикоз – заболевание, обусловленное избытком в питании микроэлемента, селена. Различают острую и хроническую форму селеноза. При остром отравлении селеном, у животных отмечается миопатия, нарушения центральной нервной системы, судороги. В случае смерти наиболее характерными признаками являются геморрагии и переполнение сосудов легких кровью. При хронической форме селеноза наблюдаются повышенное слюноотделение,

функциональные нарушения центральной нервной системы, истощение с прогрессирующей анемией. Развивается хромота, связанная с размягчением копыт и поражением суставов. Помимо этого, у животных может наблюдаться скопление жидкости в организме, огрубление кожи и выпадение волос, мышечная атрофия, слепота, сердечная и печеночная недостаточность. При этой болезни у кур выпадают перья, а яйценоскость снижается. Цыплята обычно вылупляются слабыми, с недоразвитым клювом, часто без глаз и ненормальной формой крыльев [17, 36, 64].

Особенно характерными симптомами селенового токсикоза у людей являются поражения ногтей и волос. Кроме того, наблюдается желтуха, шелушение эпидермиса, повреждения эмали зубов, артриты, анемия, нервные расстройства. В биогеохимических селеновых провинциях у людей встречаются экземы, постоянная усталость и отсутствие аппетита, заболевания желудочно-кишечного тракта, печени и селезенки. При высоком содержании этого микроэлемента в питьевой воде у людей нарушается формирование эмали, снижается поступление кальция без изменения усвоения фтора [36].

Дефицит селена также является причиной широко распространенных болезней сельскохозяйственных животных и птицы – беломышечная болезнь молодняка, токсическая дистрофия печени (диетический гепатоз), некроз печени крупного рогатого скота, сердечная миопатия свиней, телят и ягнят, бесплодие, депигментация кожи, пародонтоз овец, некоторые энтериты, маститы, анемии и другие заболевания [18]. При глубоком недостатке соединений селена в организме человека также возможно развитие различных форм патологий. Дефицит селена обычно не является причиной болезни сам по себе. Селенодефицит может сделать организм более чувствительным к болезням, вызываемых другими веществами, биохимическими или инфекционными стрессами.

Например, работа ученых из Университета Северной Каролины [86] показала, что в организме с дефицитом селена, безвредные вирусы могут

стать более вирулентными или другими словами более агрессивными. Так же есть предположения, что селен является важным питательным элементом для ВИЧ-инфицированных [100]. Когда ВИЧ инфекция прогрессирует, в организме человека идет колоссальная потеря CD4-лимфоцитов (иногда их называют Т-клетками или клетками-хелперами) – это белые кровяные клетки, которые отвечают за реагирование иммунной системы на различные инфекции. Большое количество работ зарубежных авторов подтверждает снижение уровня селена в плазме крови параллельно с потерей CD4-лимфоцитов при ВИЧ первого типа. Например, работа проведенная сотрудниками Университета Майами, показала, что у пациентов с ВИЧ и дефицитом селена в организме, вероятность смерти от причин связанных с ВИЧ в 19,9 раз выше, чем у пациентов с нормальным уровнем селена [85]. Данное исследование показало, что низкий уровень селена в плазме крови человека является значительно более высоким фактором риска смертности, чем низкий процент CD4-лимфоцитов, и создает гораздо более значительный риск, чем дефицит любого другого исследуемого питательного вещества.

Существует три специфические болезни, связанные с дефицитом селена:

1) болезнь Кешан (кардиомиопатия), которая приводит к увеличению сердца и ослаблению его функции, имеет место у детей. Длительное время считалось, что единственной причиной развития данного заболевания, является дефицит селена. В настоящее время доказано, что причина заболевания – энтеровирусная инфекция (Coxsackivirus B<sub>3</sub>) на фоне глубокого селенодефицита и недостаточного поступления кальция с пищей. Пищевой оксидативный стресс позволяет вирусу Коксаки мутировать в вирулентный штамм, вызывающий поражение сердца. Существует четыре клинические формы болезни Кешан: острая (концентрация селена в сыворотке крови больных –  $11,35 \pm 0,28$  мкг/л), подострая, хроническая ( $32,4 \pm 0,28$  мкг/л) и латентная ( $51,2 \pm 0,86$  мкг/л). На территории Российской

Федерации данное заболевание диагностируется на территории Бурятии, Якутии, Читинской, Иркутской, Амурской областей [64];

2) синдром Кашин-Бека (остеоартропатия), который приводит к остеоартрозу. В основном страдают дети 6-13 лет (пик заболеваемости приходится на 8 лет), но могут поражаться люди от 4 до 55 лет. Эндемичные районы – Восточная часть Читинской области, район среднего течения реки Зеи Амурской области. Спорадически встречается в Якутии, Бурятии и других регионах России [64];

3) микседематозный эндемический кретинизм, который приводит к умственной отсталости.

Основным источником селена для живого организма является пища, следовательно, содержание селена в организме определяется диетой. Потребление 20 мг/кг в день для взрослого человека и 0,003 мг/кг для домашних животных обычно принимается в качестве минимума, ниже которого проявляются симптомы дефицита [36, 98]. Всемирная организация здравоохранения (ВОЗ) скорректировала минимальное потребление селена для человека до 19 мг в сутки, что соответствует 21 мг для мужчин и 16 мг для женщин с учетом массы тела [98]. Большинство рекомендуемых суточных доз потребления варьируется от 50 до 60 мг/кг в день, с небольшими различиями между полами и для определенных категорий (например, беременность) или возрастных групп. Для животных рекомендуемая суточная доза – 0,1-0,2 мг/кг в день сухого вещества корма.

Определение верхних пределов потребления селена для человека затруднено, потому что токсичность селена для человека еще в достаточной степени не изучена. В настоящее время острые токсические симптомы диагностируются при потреблении селена в диапазоне от 3200 до 6700 мг в день, но также сообщалось о токсических симптомах при приеме селена в количестве 1260 мг в день. Исходя из этого, Агентство по охране окружающей среды США определило уровень потребления селена в 1265 мг в день в качестве эталона, при котором появляется клинический селеноз [98].

Для животных концентрация в корме более 5 мг/кг является токсичной. Помимо этого, определенные виды растений, поедаемые животными, обладают свойством накапливать большое количество селена, что тоже нужно учитывать [17].

Таким образом, селен является физиологически важным микроэлементом, незаменимым в питании человека и животных. А анализ литературных данных позволяет считать проблемы его дефицита, исследования по содержанию его в окружающей среде и возможности обогащения данным элементом продуктов питания как никогда актуальными.



### 1.3 Источники селена в окружающей среде

#### 1.3.1 Природные источники селена

Селен является естественным элементом, но его содержание в земной коре, а, следовательно, и в почве не велико. Как правило, селен геохимически связан с осадочными породами, а точнее с образованиями оксида железа и богатыми органическими морскими сланцами. Его самые низкие концентрации установлены в песчаниках и известняках, а содержание в магматических породах редко превышает 0,05 мг/кг [40]. Значительно выше содержание селена в самородной сере и сульфидных минералах, где его концентрация может достигать 200 мг/кг. Тем не менее, в сернистых отложениях осадочного происхождения его содержание обычно ниже 1 мг/кг. При химическом выветривании горных пород селен легко окисляется, при этом степень его окисления, как и растворимость, зависит от окислительно-восстановительных условий и pH среды. Существенную роль в геохимическом цикле селена играют процессы биологического метилирования, в результате которых образуются его летучие формы. Селенит-ионы, образующиеся при окислительных процессах, достаточно стабильны и могут мигрировать до тех пор, пока не будут адсорбированы минеральными или органическими частицами. Именно поэтому в некоторых углях и глинистых отложениях содержание Se повышено [40].

Селен в чистом виде и в виде чистых минералов очень редок и обычно представлен в виде примеси в составе сульфидных минералов или селенидами таких металлов, как медь, серебро, ртуть и никель [54]. Такие соединения часто встречаются в сульфидных и урановых месторождениях и образуются в основном в гидротермальных условиях. Неоднородность распределения селена в земной коре определяет сильные колебания его концентрации.

Исходя из геохимических свойств селена, можно предсказать его поведение в почвах. В почвах содержание селена колеблется от 0,1 до 2 мг/кг [43]. При этом он может находиться в четырёх окислительных состояниях:

$\text{Se}^{+6}$  (селенат),  $\text{Se}^{+4}$  (селенит),  $\text{Se}^0$  (элементарный селен) и  $\text{Se}^{-2}$  (селенид). Известны многочисленные обзоры о поведении селена в почвах, в которых особо отмечается, что оно является сложным.

Биодоступность и мобильность селена определяется в первую очередь наличием его водорастворимых, обменных форм и зависит от гранулометрического состава, pH, окислительно-восстановительного потенциала и химической формы. Так селениды и элементарный селен не доступны для растений, т.к. в таких состояниях элемент находится в восстановительной среде. Селенаты более подвижны в почвенном растворе, чем селениты по причине того, что селениты связываются в почве окислами железа и глинистыми минералами [43]. Термодинамические расчёты показывают, что селенат является преобладающей формой в щелочной и окисленной почве, а селенит в осушенных минеральных почвах с pH от кислой до нейтральной. Тяжелый гранулометрический состав (глинистые, суглинистые почвы) уменьшает подвижность селена в сравнении с легким составом (песчаные) почвы [2]. При сильной кислотности (заболоченные почвы) содержание доступного селена может падать до 1%. Обилие осадков приводит к выщелачиванию селенатов вниз по профилю. В среднем примерно 45% в почвах – это доступный для растений селен [2].

Иными словами, все это может быть сведено к следующему:

1) В кислых глеевых почвах и в почвах с высоким содержанием органического вещества преобладают селениды и сульфиды селена, которые малоподвижны и поэтому труднодоступны для растений;

2) В хорошо дренируемых минеральных почвах, pH которых близок к нейтральному, доминируют исключительно селениты, при этом селениты щелочных металлов растворимы, а селениты железа нерастворимы. Кроме того, селениты активно фиксируются гидроксидами и оксидами железа и поэтому труднодоступны для растений;

3) В щелочных и хорошо аэрируемых почвах, вероятно, имеют место селенаты. Они легкорастворимы, слабо фиксируются оксидами железа и достаточно подвижны, что делает их доступными для растений [40].

Селен, присутствующий в почвах, может происходить из следующих источников:

- литогенный, т.к. родительский материал является высоко вариабельным по содержанию селена;
- педогенный – увеличивающееся содержание в горизонтах А и В почв вследствие их фиксации органическим веществом;
- атмосферный – откладывается дождевыми осадками, особенно вблизи океана и морей. Селен присутствует в атмосфере вследствие вулканической активности, промышленной эмиссии, выветривание богатых селеном почв и камней, а также за счет брызг морской соли;
- фитогенный – улетучивание из растений и почвенных микроорганизмов и сжигание селеновой растительности;
- антропогенный: сельскохозяйственный – селен вносимый в почвы, при опрыскивании листвы, при обработке семян и при внесении фосфатных удобрений и индустриальный – перенос золы, переработка руд и некоторых осадков сточных вод [37].

Расчеты, проведенные за последние годы, показывают, что на почвенный покров планеты выпадает с атмосферными осадками различного генезиса около  $400 \text{ мкг/м}^2$  селена в год, а выделяется в атмосферу около  $310 \text{ мкг/м}^2$  в год [37].

Геохимические особенности различных регионов мира обуславливают существование обширных территорий с умеренным и глубоким дефицитом данного микроэлемента. Так, к регионам выраженного селенового дефицита относят Читинскую область России, отдельные провинции Китая, Новую Зеландию, Австралию. В зоне Нечерноземья, простирающейся от северо-восточных границ США, через всю Европу – север Германии, Голландию,

Данию, Польшу, через Прибалтийские страны, Центральную Россию – на Урал, далее через всю Сибирь до восточных границ России (участки распространения подзолистых, дерновоподзолистых и некоторых болотных почв) наиболее часто встречаются биогеохимические провинции с недостатком селена [89]. Недостаток селена отмечается в почвах Китая [99] и Вьетнама [16]. В климате гумидных областей Нечерноземной зоны восстановительная глеевая среда, условия генезиса торфянистых почв неблагоприятно влияют на миграцию селена в почве [43]. В работах Н.А. Голубкиной, посвященных состоянию обеспеченности территорий Российской Федерации селеном, отмечается дефицит селена в двадцати семи регионах России – Читинская область, Иркутская, Бурятия, Северо-Западные регионы Российской Федерации (Мурманская, Ленинградская, Архангельская, Новгородская, Вологодская, Ярославская, Ивановская, Тверская и Московская области), а также страны Балтии [17, 18]. В своих работах В.А. Тутельян и В.В. Ермаков выделяют, помимо дефицита, почвы с нормальным уровнем содержания селена (Западная Сибирь, Дальний Восток), с повышенным и участки селеновых аномалий (рис. 1) [76, 89].



Рисунок – 1. Содержание селена в почвах на территории России [89]

Косвенные данные указывают на то, что территория Западной-Сибири и Томской области, в том числе, принадлежит к регионам с «субоптимальным» статусом селена, который не сопровождается специфическими патологиями у людей, но способный привести к снижению общей противомикробной, противоопухолевой резистентности организма и его устойчивости к стрессам.

Для оценки уровня обеспеченности почв селеном Дж. Тан и другие китайские исследователи предложили принять следующие пороговые значения концентрации микроэлемента: менее 125 мкг/кг – область дефицита селена; 125-175 мкг/кг – маргинальная недостаточность; 175-3000 мкг/кг – область оптимума; более 3000 мкг/кг – область избытка [99].

Среднее содержание селена в типичном черноземе составляет порядка 300 мкг/кг, выщелоченном – 150 мкг/кг, оподзоленном – 90 мкг/кг. Обеспеченность селеном пахотного слоя чернозема типичного оценивается как оптимальная, выщелоченного – недостаточная, оподзоленного – дефицитная. В почвах Нечерноземной полосы России содержание селена по некоторым данным составляет порядка 50 мкг/кг, а в некоторых почвах он практически отсутствует [43].

Выделение селена при лесных пожарах и испарение растений также являются одним из природных источников селена в окружающей среде, поэтому важно рассмотреть содержание и поведение данного элемента в растениях. По способности усваивать и накапливать селен В.В. Ермаков и В.В. Ковальский разделили все растения на три группы [36].

Первая группа – растения-накопители, содержащие в максимальном количестве селен – от 500 до 15000 мг/кг сухой массы. К ним относятся виды из рода *Astragalus*, *Brassica*, *Oenothera*, *Stanleya* и *Xylorrhiza*. Наиболее типичными накопителями селена являются моринда (*Morinda reticulata*), нептуния или дикая мимоза (*Neptunia amplexicaulis*), и акация (*Acacia eremaea*). Даже на почвах с низким содержанием селена – 0,01 мг/кг в растениях-индикаторах его может быть до 1000 мг/кг сухой массы.

Вторая группа – растения-умеренно-накопители, содержащие селен в количестве от 50 до 500 мг/кг сухой массы. Эта группа включает отдельные виды из родов *Aster*, *Atriplex*, *Grindelia*, *Gutierrezia* и *Castilleja*. Среднее содержание селена в биомассе этих растений в 3-10 раз больше, чем в почве.

Третья группа растений накапливают максимально до 50 мг/кг селена. Но большинство видов этой группы в своей биомассе содержат селена менее 10 мг/кг. Сюда относятся все возделываемые сельскохозяйственные культуры, многие дикие злаки, ряд бобовых растений. Обычное среднее содержание селена в растениях составляет 0,1-1,0 мг/кг даже на почвах, богатых этим элементом. Минимальное содержание приближается к 0,05 мг/кг, ниже которого отмечается дефицит селена. У растений третьей группы количество элемента в биомассе равно или меньше в 1-2 раза по сравнению с наличием его в почве [81].

Анализ распределения селена в растениях показывает, что наивысшее его содержание характерно для растительности аридных зон. Высокое содержание селена в растениях может отмечаться и в районах морских побережий, где его поступление на земную поверхность с морскими брызгами заметно выше, чем в других районах [81].

### 1.3.2 Антропогенные источники селена

Мировые «извлекаемые» запасы селена оцениваются в 80–90 тыс. т только по медным месторождениям. Он содержится также в угле и сырой нефти, что увеличивает потенциальные мировые запасы в 80–90 раз [45]. Япония является мировым лидером по производству селена. Четыре компании – «Mitsubishi Materials Corp.», «Nippon Mining and Metals Co.», «Shinko Kagaku Kogyo Co.» и «Sumitomo Metal Mining Co.» обеспечивают (в разные годы) от 30 до 50 % его мирового производства.

Канада второй по величине производитель селена. На фирмы «Noranda Inc» и «Falconbridge» приходится 16-20 % мирового производства. Лидером на европейском рынке выступает компания «Umicore S. A.» (Бельгия),

производящая 100-115 т/год селена, что составляет 10-14 % от всего объема его выпуска в мире.

Фирма «Retorte GmbH» (Германия, медеплавильное предприятие) также производит селен. В целом доля предприятий Германии в мировом производстве селена оценивается в 7 %. Английская фирма «Mining and Chemical Products Ltd.» также является крупным производителем селена [45].

Основным (на 90 %) промышленным источником селена служат анодные шламы, образующиеся при электролитическом рафинировании меди. Селен также образуется при обжиге концентратов сульфида цинка

В промышленности селен применяется в стекольном производстве для обесцвечивания и изготовления цветного стекла. В химической промышленности его соединения используются в составе катализаторов или окислителей в различных процессах органического синтеза. Он используется в резиновой промышленности в качестве вулканизаторов и для повышения стойкости и эластичности резины. В металлургии селен добавляют в небольших количествах в сплавы на основе железа или меди для повышения прочностных и пластических характеристик. В магниевом-марганцевых сплавах примесь селена увеличивает их коррозионную стойкость. Большая область использования селена связана с производством марганца: диоксид селена добавляют при электролизе марганца для повышения мощности. До середины XX века в производстве электроники широко использовались селеновые выпрямители переменного тока, однако сейчас они полностью вытеснены кремниевыми выпрямителями. Приборы оптоэлектроники – лазеры, светодиоды, фотоприемники содержат в себе селениды цинка, кадмия, олова и др. Также селен используется в медицине и ветеринарии, косметике, производстве потребительских товаров, в сельском хозяйстве (в виде удобрений для почвы или опрыскивание листьев кормовых культур) [45].

Загрязнение окружающей среды селеном характерно для промышленных районов, где он поступает в атмосферу в результате

некоторых металлообрабатывающих процессов и при сжигании угля. В районах, где перерабатываются медносульфидные руды, концентрация селена в атмосферном воздухе составляет 0,15-6,5 мкг/м<sup>3</sup> на расстоянии 0,5-10 км от перерабатывающего предприятия [71]. Так, некоторые бобовые (например, донник лекарственный или донник белый), растущие на угольной золе, содержали до 200 мг селена на 1 кг сухой массы, а трава в окрестностях завода по производству фосфатных удобрений – до 1,2 мг селена на 1 кг сухой массы. В шампиньонах, растущих в черте города, концентрации селена достигали 11,2 мг/кг сухой массы, а в листьях деревьев вблизи медноочистительного завода они изменялись в пределах 141-550 мг/кг сухой массы [40]. Источником селена является также летучая зола, образующаяся при сжигании топлива. Поступление такой золы в почву приводит к увеличению количеств доступного для растений селена [40].

Проблема выбросов селена различными промышленными предприятиями в России практически не изучена. В производственных процессах, включающих в себя нагрев и мобилизацию рассматриваемого элемента, происходит переход селена в летучие соединения и его выброс в атмосферу. Известно, что около 80 % атмосферного селена возвращается на землю в виде влажных осадков преимущественно вблизи источника выбросов. Однако при неблагоприятных погодных условиях селен может распространяться на большие расстояния [6]. Так, в Канаде озера, расположенные на расстоянии 30 км от медеплавильного комбината в Садбери, загрязнены селеном [95]. В России интенсивная добыча и переработка медной руды осуществляется в Оренбургской области. Важнейшими горнодобывающими и перерабатывающими предприятиями этого региона являются Гайский, Орский и Медногорский комбинаты, которые располагаются всего в 20-30 км друг от друга. Ввиду легкости образования летучих соединений селена процесс выплавки меди на данных предприятиях неизбежно сопровождается выбросом в атмосферу соединений селена. Вблизи данных промышленных комплексов было проведено



исследование почвы, которое показало интенсивное загрязнение окружающей среды селеном в пределах 2 км от комбинатов (где концентрация селена варьирует от 600-700 до 3000 мкг/кг почвы) [6].

Загрязнение селеном воздуха может сказываться и на загрязнении открытых водоемов. Селен может попадать в водоемы с шахтными и промышленными стоками. Искусственное орошение селенистых земель приводит к увеличению селена в дренажных водах. Применение селеносодержащих удобрений и опрыскивание листьев растений способствует техногенному перераспределению селена в окружающей среде [18].

Добыча и переработка нефти также неизбежно приводят к высвобождению депонированного селена, что вызывает риск загрязнения этим элементом окружающей среды. Установлено, что этот процесс характерен для всех стадий экстракции и очистки нефти [19]. Примерами возникновения экологических рисков, связанных с селеном при добыче и переработке нефти, могут служить явления селеновых токсикозов у гидробионтов прибрежной зоны бухты г. Сан-Франциско в 1982—1995 гг. [88]. В США случаи селеноза были зафиксированы у домашнего скота, пасущегося на полях, которые орошались сточными водами предприятия, добывающего шельфовую нефть [19].

Существование таких рисков в большинстве случаев не учитывается при транспортировке и переработке нефти, когда нефтяная пленка, тяжелые металлы и токсическое воздействие полиароматических углеводородов считаются приоритетными загрязнителями. Между тем, опасность загрязнения окружающей среды и, в особенности, водных экосистем селеном обусловлена его долговременным действием.

Исследования содержания селена в сырой нефти различных стран мира показали, что уровень микроэлемента может варьировать в очень широких пределах и зависит от геохимических особенностей местности и физико-химических условий образования. Голубкиной Н.А. было проведено

исследование содержания селена в нефти и некоторых продуктах ее переработки (табл. 1.) [19].

Таблица – 1. Содержание селена в нефти и некоторых продуктах ее переработки [19]

<b>Объект</b>	<b>Концентрация селена</b>
Шельфовая нефть	92-540 мкг/л
Сырая нефть	100-2200 мкг/л
Высокомолекулярная фракция нефти	150-1650 мкг/кг
Вода из гидроочистителя	1800 мкг/л
Зола от сжигания нефти	3-10 мг/кг

По литературным данным основными химическими формами селена в сточных водах после переработки нефти являются селеноцианат ( $\text{SeCN}^-$ ), органические производные, селенаты и селениты, а также коллоидный селен ( $\text{Se}^0$ ) [99]. Загрязнение водных экосистем антропогенным селеном в настоящее время приобретает глобальный характер. Случаи селеновых токсикозов гидробионтов зарегистрированы в США, Канаде, Мексике, Эквадоре, Бразилии, Аргентине, Великобритании, Швеции, Польше, Франции, Египте, Нигерии, Южно-Африканской Республике, Израиле, Индии, Гонконге, Японии, Австралии и России (в городах Владивостоке, Нижнем Новгороде) [19].

#### 1.4 Селен в природных водах

В природных водах концентрация селена относительно мала, вместе с тем она может изменяться от 0,01 до 3 мкг/л. Поэтому в мире встречаются регионы, как с повышенным, так и с очень низким содержанием этого элемента в поверхностных водах. Например, среднее содержание селена в воде Мирового океана составляет 0,2 мкг/л. Чрезвычайно высоким содержанием селена характеризуются воды Калифорнии (от 100 до 1400 мкг/л) [3]. В водах Индии содержание этого элемента колеблется от 45 до 341 мкг/л. В Швеции концентрация селена варьируется от 0,10 до 0,15 мкг/л. Широкий диапазон концентраций данного элемента наблюдается в водах Финляндии, где в поверхностных водах максимальное содержание достигает 0,15 мкг/л, а средняя концентрация 0,07 мкг/л [5]. По некоторым данным, средняя концентрация селена в подземных водах кристаллических пород Финляндии составляет 0,15 мкг/л при колебаниях от менее 0,01 до 2,72 мкг/л, а в грунтовых водах концентрации селена варьируют от 0,01 до 0,59 мкг/л [5]. Среднее содержание в подземных водах Норвегии составляет 0,29 мкг/л при диапазоне концентраций от менее 0,01 до 4,82 мкг/л [94]. В районах Забайкалья средняя концентрация селена в поверхностных водах составляет 0,06 мкг/л при колебаниях от 0,04 до 0,16 мкг/л, а в Европейской части России содержание селена составляет всего 0,2-0,5 мкг/л [3].

Согласно Домаренко В.А. [34], содержание селена в малой реке Ильбокич Красноярского края составляет 0,619 мкг/л. Пасечник Е.Ю., Гусева Н.В. и др. [53] определили содержание селена в подземных водах в бассейне Верхней Оби. На территории Республики Алтай, которая находится в Алтае-Саянской гидрогеологической складчатой области, среднее содержание селена в подземных водах составило 1,22 мкг/л. В Новосибирской области, приуроченной к Западно-Сибирскому артезианскому бассейну, среднее содержание селена – 1,4 мкг/л. В Кемеровской области в районе с. Кузедеева Новокузнецкого района и г. Мариинск – 0,14 мкг/л и 0,21 мкг/л

соответственно. Содержание селена в подземных водах на территории Обь-Томского междуречья Томской области определено как 1,1 мкг/л.

Ивановой И.С. [39], на участке долинного эвтрофного Обского болота, расположенного в Томской области в левобережной части долины реки Обь, получены средние содержания селена – 0,66 мкг/л (район с. Старая Шегарка) и 0,22 мкг/л (район с. Нащекова).

В природных водах селен присутствует в виде селенитов ( $\text{SeO}_3^{2-}$ ), селенатов ( $\text{SeO}_4^{2-}$ ) и селеноорганических соединений. Вода обогащается селеном за счет миграции его из грунта и окружающих водоемов почв и разрушающейся органики. Часто количество селена в грунте предопределяет его концентрацию в воде, но часто на содержание микроэлемента влияют биологические процессы, близость грунтовых вод, поступление сточных вод, климатические особенности [59].

Данные о содержании микроэлемента в донных отложениях носят разрозненный характер. Элементарный состав донных отложений отражает биогеохимическую ситуацию конкретного субрегиона биосферы, т. е. зависит от состава материнской породы, рельефа местности, свойств воды, жизнедеятельности гидробионтов и других факторов. Поэтому содержание селена в грунтах различных водоемов сильно варьируется [11, 59]. В донных осадках и грунтах селен находится преимущественно в форме селенатов ( $\text{SeO}_4^{2-}$ ) и коллоидного элементарного селена, который преобладает [48]. Геохимическая трансформация органических форм селена из донных осадков осуществляется преимущественно за счёт микробной активности и зависит от величины окислительного потенциала и рН системы.

Установлено, что наибольшее количество микроэлемента фиксируется в придонном слое, куда он попадает с осадочными породами. Также повышенную концентрацию в донном грунте посередине водного объекта, чем у берегов, можно объяснить более низкой микробиологической активностью при разложении органических остатков и малым количеством произрастающих растений [42].

Крайне высокая концентрация селена в среде способна инициировать токсический эффект у гидробионтов. Например, в донных осадках некоторых акваторий залива Петра Великого Японского моря концентрация селена изменяется от 0,28 до 3,28 мкг/г сухой массы [38]. Наиболее высокая концентрация селена в заливе Петра Великого приурочена к донным отложениям отдельных акваторий с повышенной техногенной нагрузкой – это залив Находка (на его побережье расположен г. Находка и крупный порт Восточный) и бухта Золотой Рог в Амурском заливе (самая загрязнённая акватория Амурского залива, испытывающая многолетнюю техногенную нагрузку). В юго-западной части залива Петра Великого ведущая роль в поступлении селена принадлежит стоку р. Туманная, для которой характерен высокий уровень загрязнения в среднем и нижнем течении промышленными, бытовыми и сельскохозяйственными стоками [38].

Форма нахождения селена и его распределение в океанических и морских водах также определяются абиотическими условиями среды (рН, окислительно-восстановительный потенциал, солёность, температура, содержание кислорода, сероводорода, нитрат-ионов). Вертикальное распределение селена в водах разных океанов сходно: с глубиной содержание общего селена и его растворимых неорганических соединений увеличивается примерно в 2–3 раза, а содержание органических соединений уменьшается [48]. Химический состав вод устьевых зон разных районов Мирового океана определяется составом приносимых пресных вод. В целом для прибрежных вод характерно увеличение доли элементарного селена [48].

Но в океанических и морских системах деятельность микроорганизмов рассматривается как ведущий геохимический фактор, определяющий формы нахождения селена и его подвижность в окружающей среде, что влияет на биодоступность этого элемента и передачу его по пищевым цепям. Селен легко усваивается прокариотами и участвует в полном спектре метаболических функций, включая ассимиляцию, диссимиляцию, метилирование, детоксикацию и анаэробное дыхание [38]. Кроме того, в

морской воде он связан с детритом и с дисперсным органическим веществом, основным источником которого служат отмирающие планктонные организмы [15].

В отдельных работах исследованы пути выведения органических и неорганических форм селена из морских вод через биоаккумуляцию. Показано, что концентрация селена в детрите водоёмов Калифорнии (река Сан-Хоакин и её притоки Солт Слау, Мад Слау) в 10–165 раз выше, чем в донных осадках [38]. Это обусловлено тем, что органически связанный селен усваивается морским фитопланктоном и таким образом удаляется из морской воды. Из-за биологического захвата доступных форм селена из толщи воды лишь небольшая часть связанного с детритом селена достигает морских осадков. С биологическим поглощением связаны и очень низкие концентрации селена в поверхностных водах.

Ранее уже неоднократно было сказано насколько селен важен для организма человека, а наиболее простым способом поступления селена в организм является диета, куда входят, как и питьевая вода, так и некоторые обитатели водных объектов. В связи с этим важно знать и соблюдать допустимые концентрации данного элемента в воде. На сегодняшний день в нашей стране установлена предельно-допустимая концентрация (ПДК) селена, которая составляет: для водоемов рыбохозяйственного значения – 2 мкг/л [58], для воды централизованного водоснабжения, и расфасованной в емкости – 10 мкг/л [67]; для минеральных лечебностоловых и лечебных вод – 50 мкг/л [22].

## 2. Эколого-географическая характеристика Обского бассейна

### 2.1 Гидрографическая характеристика. Притоки и озера (места отбора проб) реки Обь

Река Обь является одной из крупнейших рек не только России, но и всего мира. Она протекает с юга на север по Западной Сибири. Обь образуется слиянием рек Бия и Катунь, берущих начало в горах Алтая. Ее длина составляет 3660 км (от истока Катунь – 4338 км, от истока Иртыша 5410 км), площадь бассейна 2990 тыс. км<sup>2</sup>, включая область внутри стока на междуречье Оби и Иртыша площадью 528 тыс. км<sup>2</sup>. Большая часть бассейна (примерно 85 %) находится на Западно-Сибирской равнине, юго-восточная – в горах Южной Сибири (Алтай, Кузнецкий Алатау, Салаирский кряж и Горная Шория). На севере река впадает в Обскую губу Карского моря. На своем пути р. Обь пересекает следующие регионы: Алтайский край, Новосибирскую и Томскую области, Ханты-Мансийский (Югра) и Ямало-Ненецкий автономные округа (рис. 2).

Верхний участок бассейна расположен в горах, здесь река имеет хорошо разработанную долину с множеством пойменных террас. До устья реки Чарыш Обь течет в низких некрытых берегах, русло изобилует протоками, перекатами, островами. Ближе к Барнаулу, пойма и долина расширяются. От Барнаула до г. Камень на Оби долина расширяется до 10 км, асимметричная с крутым левым и пологим правым склонами. Широкая пойма изрезана протоками, старицами и озерами. У города Камень на Оби долина и пойма сужаются до километров, а в русле встречаются участки с каменистыми выступами. В южной части города Новосибирск река перегорожена плотиной, образовавшей водохранилище «Обское море». После Новосибирска долина значительно расширяется и к устью р. Томь достигает 20 км и глубины до 6 м.

Ниже устья Томи и Чулыма река Обь становится большой половодной рекой и до момента слияния с Иртышом протекает в пределах таежной зоны.

Долина имеет ширину до 50 км с поймой покрытой густой сетью проток, глубиной до 8 м [62].

После впадения Иртыша, Обь поворачивает на север. Долина очень широкая – более 50 км, с невысоким левым и крутым правым берегом. В районе Салехарда сужается до 4-8 км. Обширная левобережная пойма изрезана протоками, рукавами, озерами, и в половодье достигает ширины до 40-50 км. От Иртыша Обь течет в одном глубоком русле с глубиной не менее четырех метров, далее река делится на Большую и Малую Обь. После их слияния, русло Оби имеет глубину более 10 м [62].

Обь является третьей рекой России по годовому объему стока воды (после Енисея и Лены) –  $403 \text{ км}^3$  [52].



Рисунок 2 – Территория бассейна реки Обь [61]

Поверхностные водоемы (реки и озера) Томской области занимают около 2,5 % ее площади. На территории области насчитывается 18100 рек



общей протяженностью 95 тыс. км, 112900 озер площадью водного зеркала 4451 км<sup>2</sup>, более 1,5 тыс. болот, более 170 прудов и водохранилищ [33].

Река Обь является крупнейшей рекой в Томской области. Еще большими реками области считаются такие притоки Оби, как: Чулым, Томь, Кеть, Парабель, Чая, Васюган [63].

Чулым является правым и крупнейшим притоком Оби. По данным Государственного водного реестра России, Чулым относится к Верхнеобскому бассейновому округу. Его длина составляет 1799 км, площадь бассейна – 134 тыс. км<sup>2</sup>. Река образуется слиянием рек Белый и Черный Июс, которые берут начало в Кузнецком Алатау. От истока до г. Ачинск Чулым имеет горный характер. От Ачинска до п. Тегульдет течет в начале среди возвышенных берегов, а затем в пределах Чулым-Енисейской котловины разбивается на рукава и часто перемещается. Ниже река протекает по широкой пойме (до 10 км), изобилующей озерами и старицами. Питание реки преимущественно снеговое. Половодье происходит с мая по июль. От истока до поселка Красный Завод река горная, затем переходит в полугорную. Имеет устойчивое русло, сложенное гравием и галькой. В пределах Чулым-Енисейской котловины и до устья, русло слабоустойчивое, местами деформируется и разделяется на рукава [9].

По химическому составу воды р. Чулым гидрокарбонатные кальциевые, нейтральные или слабощелочные, причем в нижнем течении происходит некоторое увеличение в макрокомпонентном составе доли ионов Ca<sup>2+</sup>, Na<sup>+</sup> и HCO<sub>3</sub> [65].

По берегам Чулыма расположены города Назарово, Ачинск, Боготол и поселки Балахта, Первомайское. Река судоходна от Ачинска на 1173 км до устья, но извилистость Чулыма и перекаты затрудняют судоходство. В летнее время любители рыбной ловли и туристы сплавляются по Чулыму.

## 2.2 Гидрологическая и гидрохимическая характеристика реки Обь

Главным приходным фактором водного баланса бассейна р. Обь служат атмосферные осадки. Большинство этих осадков (1500 мм и больше) выпадает в верховьях Оби, которые принадлежат к горным системам Алтая. Так же большое количество осадков достается северо-восточным склонам Урала, они находятся рядом с устьем р. Обь. Помимо этого, значительное количество осадком (700-800 мм) приходится на северо-восточные склоны Урала, расположенные вблизи устья р. Обь [46].

Главной выделяющейся чертой водного режима рек бассейна Оби является большая неоднородность во времени поверхностного стока.

На реках Обь-Иртышского междуречья заметно выделяется внутригодовая неоднородность поверхностного стока (90-95 % во время половодья). Внутригодовая неоднородность становится заметно меньше, во время увеличения площадь и дополнительного увлажнения речных водосборов [49].

У реки преимущественно снеговое питание. Основная часть годового стока проходит за промежуток весенне-летнего половодья. В начале апреля половодье находится в верхнем течении, во второй половине апреля в среднем течении, в конце апреля и в начале мая – нижнем. Уровни начинают подниматься во время ледостава, в момент заторов при вскрытии реки начинается интенсивный кратковременный подъем уровня воды. В июле в верхнем течении происходит конец половодья, неустойчивая летняя межень, а так же в период с сентября по октябрь – дождевой паводок [13].

В работах Савичева О.Г. с соавторами [65, 66, 79] отмечается, что речные воды бассейна Средней Оби преимущественно мало- и среднеминерализованные, по химическому составу – гидрокарбонатного класса группы кальция. Концентрации биогенных элементов в речных водах региона, обусловленные в значительной степени комплексом антропогенных и естественных факторов, могут достигать весьма больших значений, существенно превышающих их обычные содержания. Уровень содержания

микроэлементов изменяется в достаточно широком диапазоне, однако в целом наблюдаются относительно невысокие их концентрации, близкие по величине к средним показателям для рек мира.

Химическое потребление кислорода достигает значительных величин, что объясняется сильной заболоченностью большей части бассейна Оби. Максимальное биохимическое потребление кислорода приурочено к населенным пунктам. По данным гидрометеослужбы, повсеместно наблюдается высокий уровень содержания фенолов и нефтепродуктов. Во многих створах обнаружены такие специфические соединения техногенного происхождения, как гексахлоран, ДДТ и т.д.

Кислородный режим изученных рек в целом благоприятный, хотя на отдельных участках, особенно в зимний период, могут наблюдаться низкие концентрации, причем в водах не только небольших водотоков, но и таких крупных, как Томь и Чулым [66].

Изменение химического состава речных вод наблюдается как территориально, так и во времени. Для внутригодовой динамики макроэлементов и величины минерализации характерны максимумы в зимнюю межень и минимумы в период весеннего половодья. В изменении pH в течение года отмечаются похожие закономерности. Минимальные значения регистрируются так же весной, но максимальные значения наблюдаются чаще в летнюю межень. Для внутригодового изменения биогенных элементов отмечаются более сложные закономерности. Повышенные концентрации соединений азота и кремния наблюдаются чаще в зимний период. Наиболее высокие содержания железа и фосфатов отмечаются в период открытого русла, что объясняется их преимущественным поступлением с поверхностным стоком. При рассмотрении внутригодовой динамики содержаний микроэлементов в водах той или иной реки, на ее участке могут наблюдаться совершенно противоположные тенденции. Тем не менее, анализ имеющейся информации позволил установить, что в период весеннего половодья чаще отмечаются

максимальные содержания Cu, Ti, Ni, в зимний сезон – Cr, Mo, Mn, Al. Co, Pb, в летне-осенний период – Cr, Co [79].

По величине pH воды относятся к нейтральным, в летне-осенний период – к нейтральным и слабощелочным. При этом отмечается уменьшение значений pH по мере движения масс вниз по течению, хотя в межень может наблюдаться и обратная картина [9].

### 2.3 Обоснование использования вида *Perca fluviatilis* (окунь обыкновенный) в целях геоэкологических исследований

В связи с увеличением нагрузки на природные экосистемы, в том числе привнесением новых нехарактерных химических элементов и их соединений, в последние годы все более необходимой становится оценка состояния природных водоемов методами биоиндикации, а именно ихтиоиндикации [56].

Рыбы, являются верхним уровнем трофической структуры гидроэкосистем. Они на протяжении всего жизненного цикла накапливают в себе различные микроэлементы, тем самым определяя гидрохимические условия водоема и его уровень загрязнения (рис. 3) [50]. Аккумуляция химических элементов в рыбах зависит как от поступления веществ в абиотическую среду, так и от других факторов, а именно: принадлежность особи к тому или иному виду, возраст и физиология гидробионта, тип питания, условия внешней среды, где формируется уровень воздействия. В водоемах к этому относятся: pH, ионный состав, тип грунта, уровень проточности. Исследования ряда авторов доказали, что степень загрязнения водного объекта наиболее информативно показывает содержание микроэлементов в рыбе.

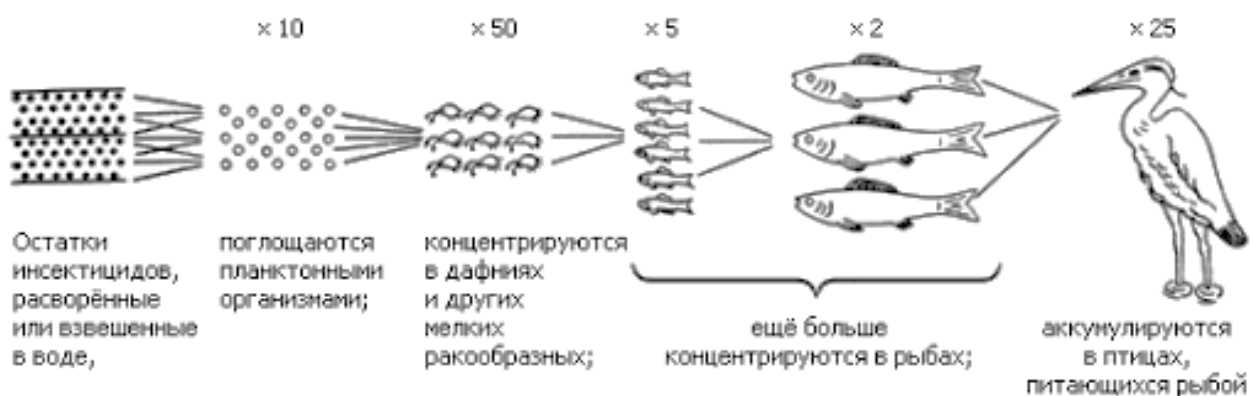


Рисунок 3 – Биологическое накопление химических элементов в пищевых цепях [50]

Одним из важных аспектов мониторинга гидроэкосистем является выбор биологического объекта. Для мониторинга загрязнения как морских, так и континентальных водоемов организмы индикаторы должны [4]:

- накапливать токсикант в больших концентрациях по сравнению со средой обитания;
- обладать низкой миграционной активностью;
- иметь сравнительно крупные размеры, для возможности отбора проб в необходимом количестве;
- иметь сравнительно большую численность;
- иметь более или менее продолжительный жизненный цикл;
- быть достаточно удобным для вылова и отбора проб органов и тканей;
- быть репрезентативным с точки зрения отражения степени загрязнения по тем или иным морфофизиологическим и экологическим параметрам.

Всем этим параметрам, в пределах бассейна р. Обь, соответствует обыкновенный окунь. Данный вид рыбы является бентофагом и не совершает больших миграций, что позволяет получить материал с привязкой к конкретным зонам загрязнения. В качестве индикатора состояния водных объектов служат сведения о химическом составе органов рыб, а так же о миграционной способности представителей ихтиофауны.

Таким образом, можно сделать вывод, что изучив элементный состав органов и тканей представителей ихтиофауны, можно получить сведения о состоянии водных объектов, в которых они обитают. Повышенные содержания химических элементов в организме рыб связаны со значительными концентрациями их в водной среде. Кроме этого, обладая знаниями о химическом составе мышечной ткани, употребляемой человеком в пищу, появляется возможность предупредить возможные негативные последствия, связанные с его здоровьем.

## 2.4 Характерные признаки, распространение, размножение и питание обыкновенного окуня

*Характерные признаки.* Тело окуня сжато с боков и покрыто мелкой чешуей. На жаберной крышке – один прямой шип. Межчелюстные кости-выдвижные. Тонкие зубы расположены полосами во много рядов на челюстях, небных и внешнекрыловидных костях. Жаберные перепонки сращены между собой. Два спинных плавника соприкасаются или немного раздвинуты. Тело зеленовато-желтое, а на боках – 5-9 поперечных черных полос. Первый спиной плавник серый, с черным пятном на конце. Второй спиной плавник – зеленовато-желтый, а грудные плавники желтые, но иногда красные [57].

Озерные популяции окуня по сравнению с речными имеют большее количество жаберных тычинок и другие отличия в морфологии и экологии. Нередко окунь образует несколько экологических форм в одном и том же водоеме. Прибрежный окунь питается преимущественно беспозвоночными, растет медленно и не достигает больших размеров. А особи живущие на глубоких участках водоема являются хищниками и растут заметно быстрее. Но, как правило, такого рода группировки окуня не изолированы друг от друга в репродуктивном отношении [57].

*Распространение.* Обыкновенный или речной окунь широко распространен в водоемах Евразии, а на побережье Тихого океана он известен только в реках Охотского моря. Данный вид отсутствует на Сахалине и Курильских островах [57]. Искусственно заселен в водоемы Австралии, Новой Зеландии, Южной Африки и Азорских островов.

Окунь – озерно-речная рыба, но встречается в пресных прибрежных участках морей и в озерах с повышенной соленостью (до 7-10 г/л). Лучше всего окунь приспособлен к жизни в прибрежной, заросшей зоне средних по глубине (от 2,5 до 4 м) мезотрофных пресноводных озер. В реках, как правило, населяет их нижние и средние участки. Данный вид устойчив к закислению воды (снижение pH до 5).

В таежной зоне Западной Сибири окунь обитает почти во всех не заморенных, часто малокормных озерах. Нередко, совместно с малочисленной щукой или вообще является единственным представителем ихтиофауны озера [57]. Кроме этого, ареал обитания обыкновенного окуня включает и оз. Байкал. Здесь окунь обитает в хорошо прогреваемых летом мелководных заливах и бухтах, из которых выходит изредка в открытую часть озера.

*Возраст и рост.* В верховьях Оби (в том числе в оз. Телецкое и оз. Чаны) окунь живет до 11 лет, в Средней и Нижней Оби – до 16 (достигая в среднем 46 см длины и 1,1 кг массы) [57]. В озерах предгорий Алтая и в Склюихинском водохранилище (бассейн р. Алей) окунь в 3-7 лет имеет всего 7-12 см длины и 10-15 г массы. В оз. Уткуль (Верхняя Обь) в этом же возрасте – 14-29 см и 90-850 г. Медленно растет окунь в озерах степной хоны Алтайского края [57].

*Размножение.* Нерестится окунь в течении года однократно. Икра откладывается в виде длинных студенистых лент на отмершую травянистую подстилку или на затопленные деревья и кустарники. Такая лента имеет длины 12-70 см, ширину – 3-7 см, клейкостью не обладает и держится в толще воды, будучи, обмотанной вокруг стеблей растений. В озерах Нижней Оби нередки случаи выметывания окунем икры на песчаные и даже заиленные участки грунта [57].

*Питание.* Основу питания окуня в первые недели после рассасывания желточного мешка составляют водоросли и организмы зоопланктона, в качестве дополнительной пищи – мелкие организмы бентоса и нектобентоса [57]. Молодь рыб в пищевом рационе окуня начинает встречаться по достижении им в ряде водоемов 30 мм длины. По мере роста окуня, роль беспозвоночных в его питании уменьшается, а роль рыбной пищи – увеличивается. Однако, как правило, беспозвоночные присутствуют в пище и взрослого окуня.



С ростом рыб в их пище увеличивается доля бокоплавов, которые постепенно вытесняют другие объекты питания. Окунь длиной 130 мм начинает вести хищный образ жизни, а крупный окунь питается почти исключительно рыбой – песчаной широколобой, желтокрылкой, плотвой и молодью окуня. Зимой у мелкого окуня в пище преобладают организмы зообентоса и нектобентоса, у крупного – рыбы, при этом интенсивность питания у окуня всех возрастных групп сравнительно высокая.

### 3. Материалы и методы исследования

#### 3.1 Отбор проб и пробоподготовка

Исследованные в данной выпускной квалификационной работе пробы окуня обыкновенного были отобраны сотрудниками кафедры геоэкологии и геохимии ИШПР ТПУ в осенний и зимние периоды 2017-2018 гг. и предоставлены автору для изучения. Пробы отбирались согласно ГОСТ 31339-2006 [32], в котором указаны требования к проведению пробоотбора, возможные опасности при отборе проб и правила техники безопасности.

При отборе проб рыбы была использована точечная сеть наблюдения (6 точек) (рис. 4). Пробы отбирались в бассейне реки Обь (в среднем течении) и малых водных объектах региона. Одна проба была отобрана на севере Томской области в Карагасокском районе в озере Малое Выдровское. На юге области были отобраны пробы: в Зырянском районе в оз. Уюк, расположенном в с. Чердаты, в устье р. Лаба в 3,3 км от с. Чердаты и р. Чулым в 12,2 км от с. Чердаты; в Шегарском районе две пробы были отобраны в р. Обь в районе п. Победа (табл. 2).

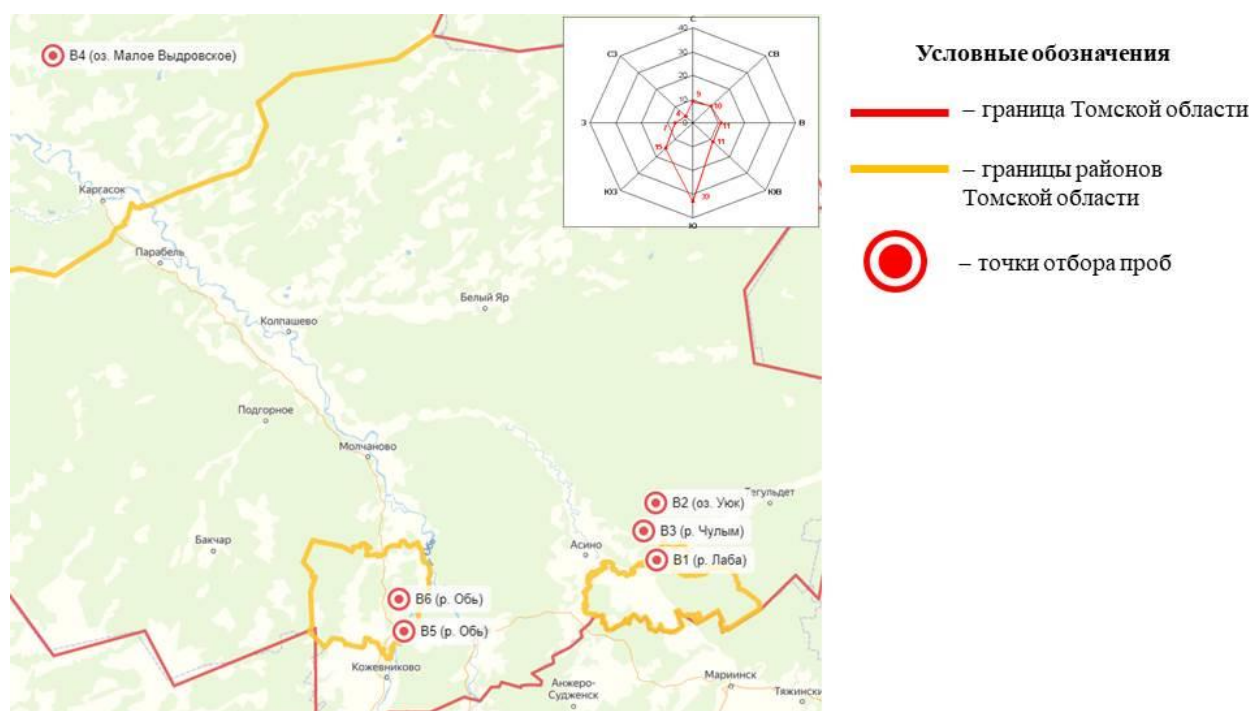


Рисунок 4 – Карта отбора проб обыкновенного окуня на территории Томской области

Таблица 2 – Реестр исследуемых образцов речного окуня бассейна р. Обь

№ пробы	Наименование пробы	Район отбора проб	Водоем	Дата отбора проб
1	Окунь обыкновенный ( <i>Perca fluviatilis</i> )	Зырянский	устье р. Лаба (3,3 км от с. Чердаты)	04.02.2016
2			оз. Уюк (с. Чердаты)	01.02.2016
3			р. Чулым (12,2 км от с. Чердаты)	05.02.2016
4		Каргасокский	оз. Малое Выдровское	15.01.2017
5		Шегарский	р. Обь (п. Победа)	05.10.2017
6		Шегарский	р. Обь (п. Победа)	20.10.2017

Особи речного окуня отбирались примерно равных размеров, что позволяло минимизировать размерные и сезонные вариации содержания исследуемого элемента в организме. Общая масса одной пробы составляла 500-700 грамм, в нее входило от 4-5 рыб (рис. 5).

Научные исследования данного вида рыб проводятся с помощью вылова ставными сетями с ячейей от 20 до 50 мм [32]. Также осматриваются уловы промысловиков и рыболовов-любителей. В нашем случае пробы рыбы отбирались как при помощи ставных сетей, так и с использованием рыболовных удочек.



Рисунок 5 – Пробы обыкновенного окуня (*Perca fluviatilis*)

После вылова необходимого количества рыб на определенной точке опробования, отобранный образец помещался в чистый (ранее не использованный) полиэтиленовый мешок, а затем в переносную теплоизолированную сумку для поддержания первоначального или охлажденного состояния объекта. Каждая отобранная проба снабжалась этикеткой, на которой указывались место отбора, дата отбора и количество единиц рыбы.

Вторым этапом являлось замораживание рыбы (до минус 20-40°C) в морозильной камере в стационарных условиях до последующих химических исследований. Важно отметить, что замороженную рыбу перед началом анализа размораживали до температуры не ниже 0°C в толще тела рыбы.

Материалом для изучения химического состава послужили образцы мышечной ткани окуня. Образцы перед проведение анализа подсушивались при комнатной температуре для удаления внешней влаги, далее высушенные образцы размельчались на волокна и растирались в фарфоровой ступке, перемешивались и отбирались на анализ.

### 3.2 Методика аналитических исследований

Содержание селена в мышечной ткани окуня определялась согласно методике измерений массовой доли селена в пробах пищевых продуктов и продовольственного сырья флуориметрическим методом на анализаторе жидкости «Флюорат-02» [47].

Метод измерений массовой доли селена в пробах пищевых продуктов и продовольственного сырья основан на проведении минерализации пробы с целью перевода селена из органических и неорганических форм в селенит-ион, проведении реакции селенит-иона с реактивом 2,3-диаминонафталином в кислой среде с образованием 4,5-бензопиазоселенола, экстрагируемого гексаном, и измерении интенсивности флуоресценции экстракта на анализаторе жидкости.

При подготовке к выполнению измерений должны быть приготовлены растворы для градуировки и сама градуировка прибора. Для градуировки использовали государственный стандартный образец (ГСО) раствора ионов селена в количестве 1 мг/мл. Растворы готовились методом последовательного разбавления, в которых далее определяли селен, как неизвестное значение, в режиме измерение. По сходимости значений (приготовленное и определенное) судили о достоверности результатов. Также проводилась проверка воспроизводимости, все анализы дублировали.

Минерализация проб проводилась в системе с обратным холодильником. Навеску анализируемой пробы массой  $2,00 \pm 0,01$  г помещали в круглодонную термостойкую колбу, приливали 20 мл концентрированной азотной кислоты и оставляли на 20-30 минут.

Далее колбу закрывали обратным холодильником и включали ток воды через рубашку холодильника, осторожно нагревая смесь, избегая бурной реакции на первых стадиях разложения. Затем увеличивали интенсивность нагрева, доводя смесь до кипения. Выдерживали 60 минут. После этого ток воды через рубашку холодильника перекрывали и, выждав 2-3 минуты, вводили в реакционную смесь 10 мл перекиси водорода через обратный

холодильник порциями по 1 мл. Далее добавляли также через обратный холодильник 3-5 мл дистиллированной воды. После прекращения интенсивного выделения газов реакционную смесь охлаждали.

Обработка минерализата или получение экстракта начиналось с добавления 3 мл хлорной кислоты. Далее проба выпаривалась до начала выделения белых паров хлорной кислоты. Раствор охлаждали, стенки стакана обмывали дистиллированной водой и вновь выпаривали до появления паров хлорной кислоты. Обработку пробы дистиллированной водой проводили для полного удаления азотной кислоты.

Затем к раствору приливали 1 мл концентрированной соляной кислоты и нагревали на кипящей водяной бане в течении 10 минут. После этого приливали 20 мл дистиллированной воды, обмывая ею стенки стакана. Раствор охлаждали, к нему добавляли 10 капель раствора аммиака. К подготовленной пробе приливали 20 мл раствора трилона Б с массовой долей 2 %, оставляли раствор на 5 минут, затем добавляли 2 мл свежеприготовленного раствора 2,3-диаминонафталина массовой концентрации 1 мг/мл. Раствор примешивали и нагревали на кипящей водяной бане в течении 5 минут. После охлаждения раствор переносили в делительную воронку и приливали 5 мл гексана.

Экстракцию проводили в течении 1 минуты и давали отстояться до разделения фаз. Водную фазу отбрасывали, а органическую фазу фильтровали через фильтр «белая лента» и проводили измерения на анализаторе жидкости «Флюорат-02».

Массовую долю селена в пробе вычисляли по формуле:

$$X = \frac{(m_{\text{изм}} - m_{\text{хол}}) \cdot Q}{M}$$

где  $X$  – массовая доля селена в анализируемом объекте,  $\text{млн}^{-1}$ ;

$m_{\text{изм}}$  – измеренная масса селена в экстракте пробы,  $\text{мкг}$ ;

$m_{\text{хол}}$  – измеренная масса селена в экстракте холостой пробы,  $\text{мкг}$ ;

$M$  – масса навески,  $\text{г}$ ;

Q – коэффициент разбавления минерализата (в данном случае Q=1).

Как уже было сказано ранее внутренний контроль измерений каждой пробы проводился с помощью стандартного образца, внешний контроль не проводился. Относительное значение допускаемого расхождения между результатами параллельных определений, согласно методике, составляло 20 %. Нижний предел обнаружения флуориметрическим методом – 0,005 мг/дм<sup>3</sup>.

## 5. Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение

Данная выпускная квалификационная работа представлена на тему: Экологические аспекты содержания селена в природных объектах.

Научное исследование проводилось с целью определение содержания селена в мышечной ткани окуня обыкновенного (*Perca fluviatilis*), одного из основных промысловых видов рыб в бассейне Оби.

Технико-экономическое обоснование является одной из важных частей научно-исследовательской работы. Для выполнения данной части необходимо произвести следующие виды работ, которые выполняются последовательно: полевые, лабораторные и камеральные.

С целью выявления финансовых затрат, связанных с выполнением технического задания, необходимо оценить коммерческий потенциал и перспективность научного исследования, время на выполнение отдельных видов работ по проекту, спланировать их последовательное выполнение и определить продолжительность выполнения всего комплекса работ по проекту.

### 5.1 Предпроектный анализ

#### 5.1.1 Потенциальные потребители результатов исследования

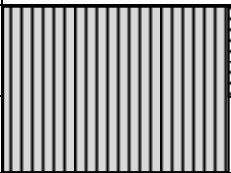
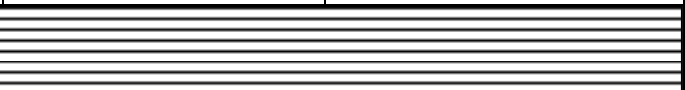




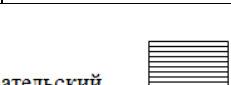
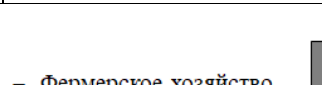
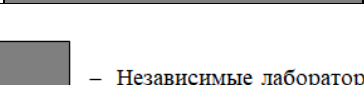
Для анализа потребителей результатов исследования необходимо рассмотреть целевой рынок и провести его сегментирование. Целевым рынком результатов исследования могут быть научно-исследовательские институты, которые занимаются подобными работами, а именно изучением содержания селена в продуктах питания, т.к. данный элемент является необходимым для жизни и здоровья человека и животных. Помимо этого потенциальными потребителями могут быть различные фермерские и рыбные хозяйства, которые могут использовать результаты полученных исследований для корректировки накопления и распределения селена в рыбах при добавлении селеносодержащих препаратов в корм. Так же данная




научная работа возможно заинтересует независимые лаборатории, на базе которых происходит контроль качества пищевого сырья и полуфабрикатов.

Для сегментирования рынка услуг целесообразно выбрать два наиболее значимых критерия: по размерам предприятия и степени потребности использования данных результатов. Результаты сегментирования представлены в таблице 5.


Таблица 5 – Карта сегментирования рынка

		Степень потребности		
		Высокая	Средняя	Низкая
Размер компании	Крупные			
	Средние			
	Мелкие			


  



– Научно-исследовательский институт



– Фермерское хозяйство



– Независимые лаборатории

Как видно из таблицы 3 основным сегментом данного рынка являются крупные научно-исследовательские институты и фермерские хозяйства. Следовательно наиболее перспективными потребителями являются данные отрасли.

#### 5.1.2 Анализ конкурентных технических решений с позиции ресурсоэффективности и ресурсосбережения

Анализ конкурентных технических решений с позиции ресурсоэффективности и ресурсосбережения позволяет провести оценку сравнительной эффективности научной разработки и определить направления для ее будущего повышения. Целесообразно проводить данный анализ с помощью оценочной карты, которая приведена в таблице 2, где ф – рассматриваемое исследование, к1 – определение селена методом масс-

спектрометрии с индуктивно связанной плазмой, к2 – определение селена инверсионной вольтамперометрией.

Таблица 6 – Оценочная карта для сравнения конкурентных технических решений (разработок)

Критерии оценки	Вес критерия	Баллы			Конкурентоспособность		
		Б <sub>ф</sub>	Б <sub>к1</sub>	Б <sub>к2</sub>	К <sub>ф</sub>	К <sub>к1</sub>	К <sub>к2</sub>
1	2	3	4	5	6	7	8
<b>Технические критерии оценки ресурсоэффективности</b>							
1. Точность результата	0,15	5	4	4	0,75	0,6	0,6
2. Простота пробоподготовки	0,1	3	5	4	0,3	0,5	0,4
3. Простота эксплуатации прибора	0,05	5	4	4	0,25	0,2	0,2
4. Трудозатратность	0,1	3	4	3	0,3	0,4	0,3
5. Безопасность	0,1	4	5	4	0,4	0,5	0,4
<b>Экономические критерии оценки эффективности</b>							
1. Конкурентоспособность продукта	0,05	5	4	4	0,25	0,2	0,2
2. Цена	0,2	5	2	4	1	0,4	0,8
3. Наличии сертификации продукта	0,15	5	5	5	0,75	0,75	0,75
4. Послепродажное обслуживание	0,1	5	5	5	0,5	0,5	0,5
<b>Итого</b>	<b>1</b>	<b>40</b>	<b>38</b>	<b>37</b>	<b>4,5</b>	<b>4,05</b>	<b>4,15</b>

Позиция разработки и конкурентов оценивается по каждому показателю экспертным путем по пятибалльной шкале, где 1 – наиболее слабая позиция, а 5 – наиболее сильная. Веса показателей, определяемые экспертным путем, в сумме должны составлять 1. Анализ конкурентных технических решений определяется по формуле:

$$K = \sum B_i \cdot B_i$$

где: К – конкурентоспособность научной разработки или конкурента;

$B_i$  – вес показателя (в долях единицы);

$B_i$  – балл  $i$ -го показателя.

Конкурентоспособность данной научной работы выше по сравнению с работами, где селен определяется методом масс-спектрометрии с индуктивно связанной плазмой и инверсионной вольтамперометрией.

### 5.1.3 SWOT-анализ

SWOT анализ (сильные и слабые стороны, возможности, угрозы) – представляет собой комплексный анализ научно-исследовательского проекта. SWOT-анализ применяют для исследования внешней и внутренней среды проекта. Он проводится в несколько этапов.

*Первый этап* заключается в описании сильных и слабых сторон проекта, в выявлении возможностей и угроз для реализации проекта, которые проявились или могут появиться в его внешней среде. Результаты первого этапа SWOT анализа представлены в таблице 7.

Таблица 7 – Матрица SWOT-анализа

	<b>Сильные стороны научно-исследовательского проекта:</b>	<b>Слабые стороны научно-исследовательского проекта:</b>
	<p>С1. Высокая точность результата в связи большими значениями нижнего предела обнаружения</p> <p>С2. Большой масштаб исследования, т.к. анализировались пробы отобранные в разных водных объектах Томской области, а не в каком-то одном</p> <p>С3. Уникальность результатов научной работы, поскольку аналогичных исследований в Западной Сибири не проводилось</p>	<p>Сл1. Трудоемкий процесс пробоотбора и лабораторных исследований</p> <p>Сл2. Дороговизна оборудования, вспомогательных материалов и реактивов</p> <p>Сл3. Отсутствие у потенциальных потребителей квалифицированных кадров по работе с лабораторной методикой</p>

<p><b>Возможности:</b></p> <p>В1. Необходимость в достоверных данных о содержании важного микроэлемента в продуктах питания органами здравоохранения</p> <p>В2. Появление спроса у населения рассматриваемого региона к подобным исследованиям</p> <p>В3. Использование инновационной инфраструктуры ТПУ</p>	<p>Высокая точность и уникальность результатов может вызвать спрос на нее, а это в свою очередь увеличит количество спонсоров.</p>	<p>Инновационные инфраструктуры ТПУ могут оказать помощь в финансировании проекта. Возможность обучения или повышения навыков работы с лабораторной методикой за счет квалификационного уровня работников проекта в области данного исследования.</p>
<p><b>Угрозы:</b></p> <p>У1. Отсутствие спроса на результаты научного исследования</p> <p>У2. Отсутствие финансирования</p> <p>У3. Отсутствие сырья в связи с экспортом товара.</p>	<p>В силу того, что в данная работа отличается высокой точностью и уникальностью результатов, это может повысить спрос и конкуренцию разработки. Для избегания проблем с поставками сырья, рассмотреть возможность создания собственного производства или импорта товара.</p>	<p>Поиск дополнительных источников финансирования на начальных этапах исследования.</p>

*Второй этап* состоит в выявлении соответствия сильных и слабых сторон научно-исследовательского проекта внешним условиям окружающей среды. Это соответствие или несоответствие должны помочь выявить степень необходимости проведения стратегических изменений. В рамках данного этапа была построена интерактивная матрица проекта (табл. 8). Ее использование помогает разобраться с различными комбинациями взаимосвязей областей матрицы SWOT.

Каждый фактор помечается либо знаком «+» (означает сильное соответствие сильных сторон возможностям), либо знаком «-» (что означает слабое соответствие); «0» – если есть сомнения в том, что поставить – «+» или «-».

Таблица 8 – Интерактивная матрица проекта

	Сильные стороны проекта			
		С1.	С2.	С3.
Возможности проекта	В1.	+	+	+
	В2.	-	+	+
	В3.	+	+	+
Угрозы проекта	У1.	0	-	-
	У2.	0	+	+
	У3.	+	-	-
	Слабые стороны проекта			
		Сл1.	Сл2.	Сл3.
Возможности проекта	В1.	-	-	+
	В2.	-	-	+
	В3.	+	+	0
Угрозы проекта	У1.	+	-	+
	У2.	-	+	+
	У3.	-	+	-

#### 5.1.4 Оценка готовности проекта к коммерциализации

Для определения стадии жизненного цикла научной разработки необходимо оценить степень ее готовности к коммерциализации и выяснить уровень собственных знаний для ее проведения (или завершения). Оценка степени готовности представлена в таблице 9.

Таблица 9 – Оценка степени готовности научного проекта к коммерциализации

№ п/п	Наименование	Степень проработанности научного проекта	Уровень имеющихся знаний у разработчика
1	Определен имеющийся научно-технический задел	4	5
2	Определены перспективные направления коммерциализации научно-технического задела	4	4
3	Определены отрасли и технологии (товары, услуги) для предложения на рынке	4	4
4	Определена товарная форма научно-технического задела для представления на рынок	4	4
5	Определены авторы и осуществлена охрана их прав	3	3

Продолжение таблицы 9

6	Проведена оценка стоимости интеллектуальной собственности	2	3
7	Проведены маркетинговые исследования рынков сбыта	2	3
8	Разработан бизнес-план коммерциализации научной разработки	1	1
9	Определены пути продвижения научной разработки на рынок	2	2
10	Разработана стратегия (форма) реализации научной разработки	2	2
11	Проработаны вопросы международного сотрудничества и выхода на зарубежный рынок	1	1
12	Проработаны вопросы использования услуг инфраструктуры поддержки, получения льгот	1	1
13	Проработаны вопросы финансирования коммерциализации научной разработки	3	3
14	Имеется команда для коммерциализации научной разработки	4	3
15	Проработан механизм реализации научного проекта	4	4
	<b>ИТОГО БАЛЛОВ</b>	41	43

При проведении анализа по таблице 9, приведенной выше, по каждому показателю ставится оценка по пятибалльной шкале. При этом система измерения по каждому направлению (степень проработанности научного проекта, уровень имеющихся знаний у разработчика) отличается. Так, при оценке степени проработанности научного проекта 1 балл означает не проработанность проекта, 2 балла – слабую проработанность, 3 балла – выполнено, но в качестве не уверен, 4 балла – выполнено качественно, 5 баллов – имеется положительное заключение независимого эксперта. Для оценки уровня имеющихся знаний у разработчика система баллов принимает следующий вид: 1 означает не знаком или мало знаю, 2 – в объеме теоретических знаний, 3 – знаю теорию и практические примеры применения, 4 – знаю теорию и самостоятельно выполняю, 5 – знаю теорию, выполняю и могу консультировать.

Оценка готовности научного проекта к коммерциализации (или уровень имеющихся знаний у разработчика) определяется по формуле:

$$B_{\text{сум}} = \sum B_i$$

где:  $B_{\text{сум}}$  – суммарное количество баллов по каждому направлению;

$B_i$  – балл по  $i$ -му показателю.

В результате можно сделать вывод, что перспективность разработки научного проекта и уровень имеющихся знаний у разработчика находятся примерно на одном уровне и имеют среднюю перспективность.

Вывод: Необходимо проработать слабые стороны проекта и улучшить показатели выхода на мировой рынок. Для дальнейшего развития проекта и подготовки его к коммерциализации необходимо провести анализ рынка сбыта и разработать бизнес-план по продвижению продукта на рынок. В будущем также необходимо рассмотреть возможность международного сотрудничества и выхода на зарубежный рынок. Так как уровень компетенций разработчиков в сфере коммерциализации не является достаточным, в дальнейшем потребуются привлечение дополнительных специалистов в команду проекта. Необходимо также сосредоточить свое внимание на вопросах финансирования научной разработки при ее коммерциализации, рассмотреть возможности использования услуг инфраструктуры поддержки и получения льгот.

#### 5.1.5 Методы коммерциализации результатов научно-технического исследования

При коммерциализации научно-технических разработок продавец (а это, как правило, владелец соответствующих объектов интеллектуальной собственности), преследует вполне определенную цель, которая во многом зависит от того, куда в последующем он намерен направить (использовать, вложить) полученный коммерческий эффект. Это может быть получение средств для продолжения своих научных исследований и разработок

(получение финансирования, оборудования, уникальных материалов, других научно-технических разработок и т.д.), одnorазовое получение финансовых ресурсов для каких-либо целей или для накопления, обеспечение постоянного притока финансовых средств, а также их различные сочетания.

При этом время продвижения товара на рынок во многом зависит от правильности выбора метода коммерциализации. Задача данного раздела магистерской диссертации – это выбор метода коммерциализации объекта исследования и обоснование его целесообразности.

Для данной научно-исследовательской работы наиболее целесообразными методами коммерциализации будут инжиниринг или передача интеллектуальной собственности в капитал какого-либо предприятия.

## 5.2. Инициация проекта

### 5.2.1 Цели и результаты проекта

Информация о заинтересованных сторонах проекта, которые активно участвуют в проекте, или, интересы которых могут быть затронуты в результате завершения проекта, представлены в таблице 10.

Таблица 10 – Заинтересованные стороны проекта

Заинтересованные стороны проекта	Ожидания заинтересованных сторон
НИ ТПУ	Удовлетворение потребностей страны в высококвалифицированных специалистов
Разработчик проекта (магистрант)	Оценка содержания селена мышечной ткани окуня обыкновенного ( <i>Perca fluviatilis</i> ), одного из основных промысловых видов рыб в бассейне Оби
Научно-исследовательские институты и фермерские хозяйства	Появление достоверного и актуального исследования на территории региона

В таблице 11 представлена информация о иерархии целей проекта и критериях достижения целей.



Таблица 11 – Цели и результат проекта

<b>Цель проекта:</b>	Оценка содержания селена мышечной ткани окуня обыкновенного ( <i>Perca fluviatilis</i> ), одного из основных промысловых видов рыб в бассейне Оби
<b>Ожидаемые результаты проекта:</b>	Оценка содержания селена мышечной ткани окуня обыкновенного ( <i>Perca fluviatilis</i> ), одного из основных промысловых видов рыб в бассейне Оби
<b>Критерии приемки результата проекта:</b>	Доказать достоверность полученных результатов содержания селена мышечной ткани окуня обыкновенного
<b>Требования к результату проекта:</b>	<b>Требования:</b>
	Освоить методику пробоподготовки и определения селена в мышечной ткани рыб флуориметрическим методом
	Определить содержание селена в пробах окуня обыкновенного бассейна реки Обь
	Провести сравнение полученных данных с литературными данными

### 5.2.2 Организационная структура проекта

Следующим шагом является определение следующих вопросов: кто будет входить в рабочую группу данного проекта, определить роль каждого участника в данном проекте, а также прописать функции, выполняемые каждым из участников и их трудозатраты. Данная информация представлена в таблице 12.

Таблица 12 – Рабочая группа проекта

№ п/п	ФИО, основное место работы, должность	Роль в проекте	Функции	Трудозатраты, час.
1	Осипова Н.А., ТПУ, ОГ, доцент, к.х.н.	Руководитель проекта	Реализация проекта в пределах заданных ограничений по ресурсам, координация деятельности участников проекта	100
2	Барановская Н.В., ТПУ, ОГ, доцент, проф.	Эксперт проекта	Консультирование по выполнению ВКР	100
3	Сыскина А.А., ТПУ, ОИЯ, доцент, к.ф.н.	Эксперт проекта	Консультирование по выполнению английской части	3

Продолжение таблицы 12

4	Рыжакина Т.Г., ТПУ, ОСГН, доцент, к.э.н.	Эксперт проекта	Консультирование по выполнению раздела «Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение»	3
5	Скачкова Л.А., ТПУ, ОБД, ст. препод.	Эксперт проекта	Консультирование по выполнению раздела «Социальная ответственность»	3
6	Евдокимова Е.А., ТПУ, ОГ, магистрант	Исполнитель по проекту	Определение содержания селена в мышечной ткани окуня обыкновенного ( <i>Perca fluviatilis</i> )	1000
ИТОГО:				1290

### 5.2.3 Ограничения и допущения проекта

Ограничения проекта – это все факторы, которые могут послужить ограничением степени свободы участников команды проекта, а так же «границы проекта» – параметры проекта или его продукта, которые не будут реализованных в рамках данного проекта (табл. 13).

Таблица 13 – Ограничения проекта

Фактор	Ограничения/допущения
3.1. Бюджет проекта	1 400 000
3.1.1. Источник финансирования	НИТПУ
3.2. Сроки проекта:	10.09.2018 – 31.05.2020
3.2.1. Дата утверждения плана управления проектом	30.09.2018
3.2.2. Дата завершения проекта	31.05.2020

### 5.3. Планирование управления научно-техническим проектом

Группа процессов планирования состоит из процессов, осуществляемых для определения общего содержания работ, уточнения целей и разработки последовательности действий, требуемых для достижения данных целей.

План управления научным проектом должен включать в себя следующие элементы:

- иерархическая структура работ проекта;
- контрольные события проекта;
- план проекта;
- бюджет научного исследования.

### 5.3.1 Иерархическая структура работ проекта

Иерархическая структура работ (ИСР) – детализация укрупненной структуры работ. В процессе создания ИСР структурируется и определяется содержание всего проекта. На рисунке 10 представлена иерархическая структура работ, выполненных по данному проекту.

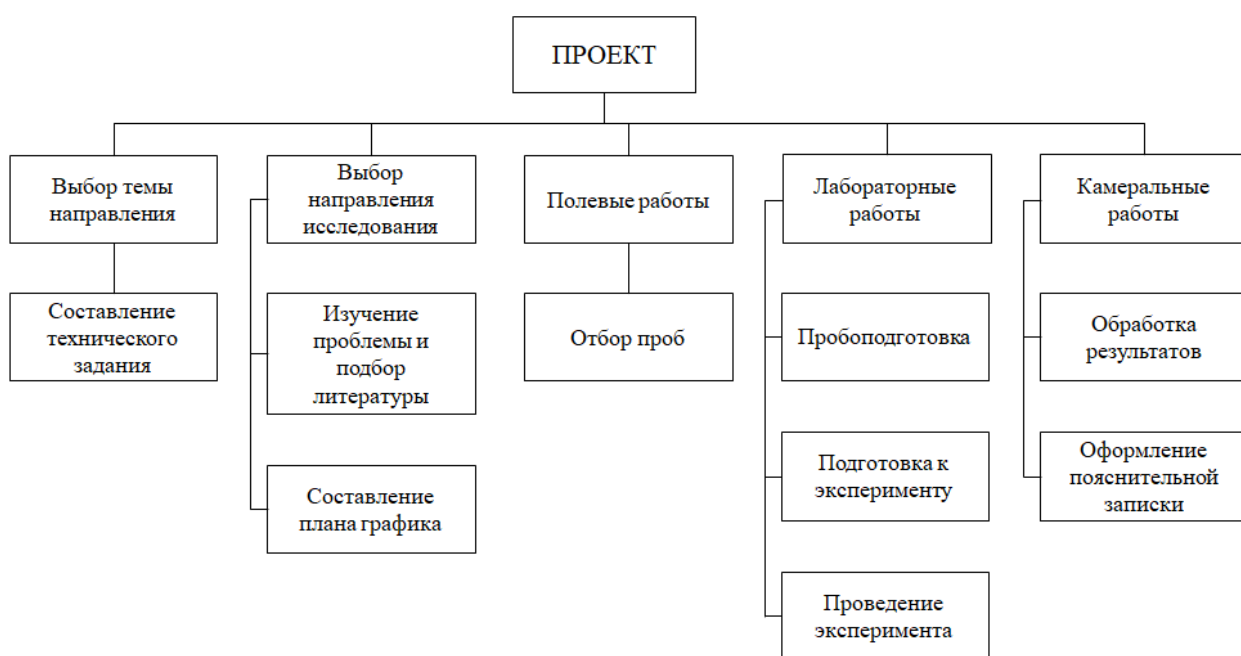


Рисунок 10 – Иерархическая структура по ВКР

### 5.3.2 План проекта

В рамках планирования научного проекта необходимо построить календарный и сетевой графики проекта. Календарный план проекта представлен в таблице 14.

Таблица 14 – Календарный план проекта.

Код работы	Название	Длительность, дни	Дата начала работ	Дата окончания работ	Состав участников (ФИО ответственных исполнителей)
1	Утверждение проекта	27	03.09.2018	30.09.2018	Осипова Н.А.
1.1	Утверждение научного руководителя	7	03.09.2018	10.09.2018	Осипова Н.А.
1.2	Утверждение темы проекта	20	11.09.2018	30.09.2018	Осипова Н.А.
2	Обзор литературы	91	01.10.2018	30.12.2018	Евдокимова Е.А.
3.	Пробоотбор	12	09.01.2019	20.01.2019	Осипова Н.А. Евдокимова Е.А.
4.	Лабораторные работы	215	21.01.2019	30.12.2019	Евдокимова Е.А.
4.1	Лабораторные работы (1 курс)	131	21.01.2019	01.06.2019	Евдокимова Е.А.
4.2	Лабораторные работы (2 курс)	84	07.10.2019	30.12.2019	Евдокимова Е.А.
5.	Камеральные работы				
5.1	Обработка результатов	19	13.01.2020	31.01.2020	Евдокимова Е.А.
5.2	Оформление пояснительной записки	120	01.02.2020	31.05.2020	Евдокимова Е.А.
5.3	Защита магистерской диссертации	1	17.06.2020	18.06.2020	Евдокимова Е.А.
И т о г о:		727	03.09.2018	18.06.2020	

Диаграмма Ганта – это тип столбчатых диаграмм (гистограмм), который используется для иллюстрации календарного плана проекта, на котором работы по теме представляются протяженными во времени отрезками, характеризующимися датами начала и окончания выполнения данных работ (табл. 15).

Таблица 15 – Календарный план-график проведения НИОКР по теме

Наименование этапа	Т, дней	2018				2019								2020					
		Сентябрь	Октябрь	Ноябрь	Декабрь	Январь	Февраль	Март	Апрель	Май	Июнь	Сентябрь	Октябрь	Ноябрь	Декабрь	Январь	Февраль	Март	Апрель
Составление технического задания																			
Изучение литературы																			
Полевые работы																			
Лабораторные работы																			
Камеральные работы																			



– магистрант (Евдокимова Е.А.)



– руководитель (Осипова Н.А.)

#### 5.3.4 Бюджет научного исследования

При планировании бюджета научного исследования должно быть обеспечено полное и достоверное отражение всех видов планируемых расходов, необходимых для его выполнения. В процессе формирования бюджета, планируемые затраты группируются по статьям, представленным в таблице 16.

Таблица 16 – Группировка затрат по статьям

Вид работ	Сырье, материалы (за вычетом возвратных отходов), покупные изделия и полуфабрикаты	Специальное оборудование для научных (экспериментальных) работ
Отбор проб	Наживка для рыбы	Ставные сети, рыболовные удочки, полиэтиленовые мешки, теплоизолированные сумки
Пробоподготовка	–	Весы лабораторные, фарфоровая ступка

Продолжение таблицы 16

Приготовление растворов	Соляная кислота (концентрированная), трилон Б, 2,3-диаминонафталин, аммиак, гексан, ГСО селена	Химический стакан (1000 мл <sup>3</sup> ), химические стаканы (150 мл <sup>3</sup> ), пипетки градуированные, фильтр обеззоленный «белая лента», делительная воронка, колбы мерные
Мокрая минерализация пробы	Азотная кислота (концентрированная), перекись водорода	Круглодонная термостойкая колба, обратный водяной холодильник, резиновые трубки, штатив с лапками, электроплитка бытовая
Переведение селена из органических и неорганических форм в селенит-ион	Хлорная кислота, соляная кислота (концентрированная), раствор аммиака	Химические стаканы (150 мл <sup>3</sup> ), дозатор лабораторный, настольная плита, промывалка лабораторная, кастрюля
Получение флуоресцирующего 4,5-бензопиазоселенола	Раствор трилона Б, раствор 2,3-диаминонафталена	Химические стаканы, дозатор лабораторный, пипетка градуированная, электроплитка бытовая, кастрюля, бумага индикаторная
Экстракция	Гексан	Делительная воронка, химический стакан, воронка, фильтр обеззоленный «белая лента», пробирка с притертой пробкой
Измерение содержания селена	—	Кювета, анализатор жидкости «ФЛЮОРАТ-02»
Камеральные работы	Бумага офисная, шариковая ручка	Персональный компьютер

*Сырье, материалы, покупные изделия и полуфабрикаты*

Для учета затрат на приобретение всех видов материалов, комплектующих изделий и полуфабрикатов, производится расчет стоимости материальных затрат по действующим прейскурантам или договорным ценам. Результаты представлены в таблице 17.

Таблица 17 – Сырье, материалы, комплектующие изделия и покупные полуфабрикаты

Наименование	Марка, размер	Кол-во	Цена за единицу, руб.	Сумма, руб.
Наживка для рыбы	50 г	2	40	80
Соляная кислота (концентрированная)	1 л	1	67	67
Трилон Б	100 г	1	185	185
2,3-диаминонафталин имп.	2 г	1	3 940	3 940
Гексан	1 л	1	640	640
Государственный стандартный образец (ГСО) состава раствора ионов селена	5 мл	1	130	130
Азотная кислота	1 л	1	180	180
Водорода перекись	1 л	1	115	115
Хлорная кислота	1 л	1	3 843	3 843
Аммиак водный	1 л	1	1 034	1 034
Бумага офисная	пачка	0,5	250	125
Ручка шариковая	шт	1	15	15
Всего за материалы				10 354
Транспортно-заготовительные расходы (3-5%)				518
Итого по статье С <sub>м</sub>				10872

*Специальное оборудование для научных (экспериментальных) работ*

В данную статью включают все затраты, связанные с приобретением специального оборудования, необходимого для проведения работ по конкретной теме (таблица 18). Определение стоимости спецоборудования производится по действующим прейскурантам, а в ряде случаев по договорной цене.

Таблица 18 – Расчет затрат по статье «Спецоборудование для научных работ»

№ п/п	Наименование оборудования	Кол-во единиц оборудования	Цена единицы оборудования, руб.	Общая стоимость оборудования, руб.
1.	Мешки полиэтиленовые	1 шт	40	40
2.	Аналитические весы AND GR-120	1 шт	140 300	140 300
3.	Стакан лабораторный термостойкий (150 мл <sup>3</sup> )	5 шт	78	390
4.	Стакан лабораторный термостойкий (1000 мл <sup>3</sup> )	1 шт	269	269

5.	Пипетки градуированные 2-го класса точности (1, 2, 5 и 10 мл <sup>3</sup> )	4 шт	98	392
6.	Фильтр обеззоленный «белая лента»	1 шт	110	110
7.	Воронка делительная (100 мл <sup>3</sup> )	1 шт	780	780
8.	Колба мерные (250 мл <sup>3</sup> )	2 шт	170	340
9.	Электроплита бытовая	1 шт	400	400
10.	Дозатор ДПОФ-1-500 мкл	1 шт	2 080	2 080
11.	Промывалка (500 мл <sup>3</sup> )	2 шт	199	398
12.	Бумага индикаторная	1 шт	210	210
13.	Пробирки с притертой крышкой	4 шт	68	272
14.	Кювета кварцевая К- 10 для анализатора «Флюорат-02»	1 шт	4 742	4 742
15.	Анализатор жидкости «ФЛЮОРАТ®-02»	1 шт	576 000	576 000
ИТОГО:				726 723

### Основная заработная плата

В настоящую статью включается основная заработная плата работников непосредственно участвующих в выполнении работ по данной теме. Величина расходов по заработной плате определяется исходя из трудоемкости выполняемых работ и действующей системы оплаты труда.

Величина расходов по заработной плате определяется исходя из трудоемкости выполняемых работ и действующей системы оплаты труда.

$$C_{зп} = Z_{осн} + Z_{доп}$$

где  $Z_{осн}$  – основная заработная плата;

$Z_{доп}$  – дополнительная заработная плата.

Основная заработная плата ( $Z_{осн}$ ) руководителя (лаборанта, инженера) от предприятия (при наличии руководителя от предприятия) рассчитывается по следующей формуле:

$$Z_{осн} = Z_{дн} \cdot T_{раб}$$



где  $Z_{\text{осн}}$  – основная заработная плата одного работника;

$T_{\text{раб}}$  – продолжительность работ, выполняемых научно-техническим работником, раб. дн.;

$Z_{\text{дн}}$  – среднедневная заработная плата работника, руб.

Среднедневная заработная плата рассчитывается по формуле:

$$Z_{\text{дн}} = \frac{Z_{\text{м}} \cdot M}{F_{\text{д}}}$$

где:  $Z_{\text{м}}$  – месячный должностной оклад работника, руб.;

$M$  – количество месяцев работы без отпуска в течение года:

при отпуске в 24 раб. дня  $M=11,2$  месяца, 5-дневная неделя;

при отпуске в 48 раб. дней  $M=10,4$  месяца, 6-дневная неделя;

$F_{\text{д}}$  – действительный годовой фонд рабочего времени научно-технического персонала, раб. дн (табл. 19).

Таблица 19 – Баланс рабочего времени

Показатели рабочего времени	Руководитель	Лаборант
Календарное число дней	365	365
Количество нерабочих дней		
- выходные дни	99	99
- праздничные дни	14	14
Потери рабочего времени		
- отпуск	24	24
- невыходы по болезни	10	10
Действительный годовой фонд рабочего времени	218	218

Месячный должностной оклад работника:

$$Z_{\text{м}} = Z_{\text{б}} \cdot (k_{\text{пр}} + k_{\text{д}}) \cdot k_{\text{р}}$$

где:  $Z_{\text{б}}$  – базовый оклад, руб.;

$k_{\text{пр}}$  – премиальный коэффициент, (определяется Положением об оплате труда);

$k_{\text{д}}$  – коэффициент доплат и надбавок (в НИИ и на промышленных предприятиях – за расширение сфер обслуживания, за профессиональное мастерство, за вредные условия: определяется Положением об оплате труда);

$k_{\text{р}}$  – районный коэффициент, равный 1,3 (для Томска).

Основная заработная плата руководителя (от ТПУ) рассчитывается на основании отраслевой оплаты труда. Отраслевая система оплаты труда в ТПУ предполагает следующий состав заработной платы:

1) оклад – определяется предприятием. В ТПУ оклады распределены в соответствии с занимаемыми должностями, например, ассистент, ст. преподаватель, доцент, профессор. Базовый оклад  $Z_6$  определяется исходя из размеров окладов, определенных штатным расписанием предприятия.

2) стимулирующие выплаты – устанавливаются руководителем подразделений за эффективный труд, выполнение дополнительных обязанностей и т.д.

3) иные выплаты; районный коэффициент.

Расчёт основной заработной платы приведён в таблице 20.

Таблица 20 – Расчёт основной заработной платы

Исполнители	$Z_6$ , руб.	$k_{пр}$	$k_d$	$k_p$	$Z_m$ , руб.	$Z_{дн}$ , руб.	$T_p$ , раб. дн.	$Z_{осн}$ , руб.
Руководитель	20 400	1	0,014	1,3	26 891	1381,5	218	301 167
Лаборант	4 000	–	–	1,3	5200	267,16	218	58 240,8

### *Дополнительная заработная плата научно-производственного персонала*

Дополнительная заработная плата рассчитывается исходя из 10-15% от основной заработной платы, работников, непосредственно участвующих в выполнении темы:

$$Z_{доп} = K_{доп} \cdot Z_{осн}$$

где  $Z_{доп}$  – дополнительная заработная плата, руб.;

$K_{доп}$  – коэффициент дополнительной зарплаты;

$Z_{осн}$  – основная заработная плата, руб.

В таблице 21 приведена форма расчёта основной и дополнительной заработной платы.

Таблица 21 – Заработная плата исполнителей НТИ

Заработная плата	Руководитель	Магистрант
Основная зарплата, руб.	301 167	58 240,88
Дополнительная зарплата, руб.	30 116,7	5 824,1
Итого по статье С <sub>зп</sub> , руб.	395 348,7	

### *Накладные расходы*

В эту статью включаются затраты на управление и хозяйственное обслуживание, которые могут быть отнесены непосредственно на конкретную тему. Кроме того, сюда относятся расходы по содержанию, эксплуатации и ремонту оборудования, производственного инструмента, инвентаря и др. В расчетах эти расходы принимаются в размере 70-90 % от суммы основной заработной платы научно-производственного персонала данной научно-технической организации.

Накладные расходы составляют 80-100 % от суммы основной и дополнительной заработной платы, работников, непосредственно участвующих в выполнении темы.

Расчет накладных расходов ведется по следующей формуле:

$$C_{\text{накл}} = K_{\text{накл}} \cdot (Z_{\text{осн}} + Z_{\text{доп}})$$

где:  $K_{\text{накл}}$  – коэффициент накладных расходов.

$$C_{\text{накл}} = 0,3 \cdot (301167 + 30116,7) = 99385 \text{ руб.}$$

На основании полученных данных по отдельным статьям затрат была составлена калькуляция плановой себестоимости НТИ по форме, приведенной в таблице 22.

Таблица 22 – Группировка затрат по статьям

Сырье, материалы (за вычетом возвратных отходов), покупные изделия и полуфабрикаты	Специальное оборудование для научных (экспериментальных) работ	Основная заработная плата	Дополнительная заработная плата	Накладные расходы	Итого плановая себестоимость
10 872	726 723	359 407	35 940,8	99 385	1 232 327,8

### 5.3.5 Организационная структура проекта

В практике используется несколько базовых вариантов организационных структур: функциональная, проектная, матричная (табл. 23).

Таблица 23 – Организационная структура проекта

Критерии выбора	Функциональная	Матричная	Проектная
Степень неопределенности условий реализации проекта	Низкая	Высокая	Высокая
Технология проекта	Стандартная	Сложная	Новая
Сложность проекта	Низкая	Средняя	Высокая
Взаимозависимость между отдельными частями проекта	Низкая	Средняя	Высокая
Критичность фактора времени (обязательства по срокам завершения работ)	Низкая	Средняя	Высокая
Взаимосвязь и взаимозависимость проекта от организаций более высокого уровня	Высокая	Средняя	Низкая

Для данного научного проекта выбираем проектную организационную структуру.

### 5.3.6 План управления коммуникациями проекта

План управления коммуникациями, который представлен в таблице 24, отражает требования к коммуникациям со стороны участников проекта.

Таблица 24 – План управления коммуникациями

№ п/п	Какая информация передается	Кто передает информацию	Кому передается информация	Когда передает информацию
1	Статус проекта	Руководитель проекта	Представителю заказчика	Ежеквартально (первая декада квартала)
2	Информация о текущем состоянии научного проекта	Участники проекта	Исполнителю проекта	Еженедельно (понедельник)

3	Еженедельный отчет и информация о проведенных внештатных работах	Исполнитель проекта	Руководителю проекта	Не позже дня контрольного события по плану производства
---	--	---------------------	----------------------	---

### 5.3.7 Реестр рисков проекта

Идентифицированные риски проекта включают в себя возможные неопределенные события, которые могут возникнуть в проекте и вызвать последствия, которые повлекут за собой нежелательные эффекты. Информацию по данному разделу представлена в таблице 25.

Таблица 25 – Реестр рисков проекта

№	Риск	Потенциальное воздействие	Влияние риска	Уровень риска	Способы смягчения риска
1	Отравление ядовитыми парами	Отключение электроэнергии	На здоровье человека	Высокий	Независимость вытяжного шкафа от центральной электросети
2	Пожар	Короткое замыкание/перепад напряжения	На здоровье человека, на сохранность имущества	Высокий	Регулярная проверка электрооборудования, наличие в лаборатории средств пожаротушения, инструктаж сотрудников
3	Отсутствие поставки сырья	Приостановление работ	На выход продукта	Средний	Несколько поставщиков сырьевых материалов
4	Отсутствие выдачи заработной платы сотрудникам	Приостановление работ	На конкурентоспособность товара	Низкий	Несколько источников финансирования

## 5.4. Определение ресурсной (ресурсосберегающей), финансовой, бюджетной, социальной и экономической эффективности исследования

### 5.4.1 Оценка абсолютной эффективности исследования

В основе проектного подхода к инвестиционной деятельности предприятия лежит принцип денежных потоков (cash flow). Особенностью является его прогнозный и долгосрочный характер, поэтому в применяемом подходе к анализу учитываются фактор времени и фактор риска. Для оценки общей экономической эффективности используются следующие основные показатели:

- чистая текущая стоимость (NPV);
- индекс доходности (PI);
- внутренняя ставка доходности (IRR);
- срок окупаемости (DPP).

#### *Чистая текущая стоимость (NPV)*

Чистая текущая стоимость (NPV) – это показатель экономической эффективности инвестиционного проекта, который рассчитывается путём дисконтирования (приведения к текущей стоимости, т.е. на момент инвестирования) ожидаемых денежных потоков (как доходов, так и расходов). Расчёт NPV осуществляется по следующей формуле:

$$NPV = \sum_{t=1}^n \frac{ЧДП_{опt}}{(1+i)^t} - I_0$$

где:  $ЧДП_{опt}$  – чистые денежные поступления от операционной деятельности;

$I_0$  – разовые инвестиции, осуществляемые в нулевом году;

$t$  – номер шага расчета ( $t = 0, 1, 2 \dots n$ )

$n$  – горизонт расчета;

$i$  – ставка дисконтирования (желаемый уровень доходности инвестируемых средств).

Расчёт NPV позволяет судить о целесообразности инвестирования денежных средств. Если  $NPV > 0$ , то проект оказывается эффективным.

Расчет чистой текущей стоимости представлен в таблице 26. При расчете рентабельность проекта составляла 20 %, амортизационное отчисления 10 %.

Таблица 26 – Расчет чистой текущей стоимости по проекту в целом

№	Наименование показателей	Шаг расчета				
		0	1	2	3	4
1	Выручка от реализации, руб.	0	1 478 793	1 478 793	1 478 793	1 478 793
2	Итого приток, руб.	0	1 478 793	1 478 793	1 478 793	1 478 793
3	Инвестиционные издержки, руб.	-1 232 327,8	0	0	0	0
4	Операционные затраты, руб.	0	369 698	369 698	369 698	369 698
5	Налогооблагаемая прибыль	0	1 109 095	1 109 095	1 109 095	1 109 095
6	Налоги 20 %, руб.	0	221 819	221 819	221 819	221 819
7	Итого отток, руб.	-1 232 327,8	591 517	591 517	591 517	591 517
8	Чистая прибыль, руб.	0	887 276	887 276	887 276	887 276
9	Чистый денежный поток (ЧДП), руб.	-1 232 327,8	1 010 508,8	1 010 508,8	1 010 508,8	1 010 508,8
10	Коэффициент дисконтирования (КД)	1	0,833	0,694	0,578	0,482
11	Чистый дисконтированный денежный поток (ЧДД), руб.	-1 232 327,8	841 753,8	701 293	584 074	487 065
12	$\sum \text{ЧДД}$	2 614 185,8				
12	Итого NPV, млн руб.	1 381 858				

Коэффициент дисконтирования рассчитан по формуле:

$$\text{КД} = \frac{1}{(1 + i)^t}$$

где:  $i$  – ставка дисконтирования, 20 %;

$t$  – шаг расчета.

Таким образом, чистая текущая стоимость по проекту в целом составляет 1 381 858 млн. рублей, что позволяет судить об его эффективности.

### *Индекс доходности (PI)*

Индекс доходности (PI) – показатель эффективности инвестиции, представляющий собой отношение дисконтированных доходов к размеру инвестиционного капитала. Данный показатель позволяет определить инвестиционную эффективность вложений в данный проект. Индекс доходности рассчитывается по формуле:

$$PI = \sum_{t=1}^n \frac{ЧДП_t}{(1+i)^t} / I_0$$

где: ЧДД - чистый денежный поток, млн. руб.;

$I_0$  – начальный инвестиционный капитал, млн. руб.

Таким образом PI для данного проекта составляет:

$$PI = \frac{2614185,8}{1232327,8} = 2,12$$

Так как  $PI > 1$ , то проект является эффективным.

### *Внутренняя ставка доходности (IRR)*

Значение ставки, при которой NPV обращается в ноль, носит название «внутренней ставки доходности» или IRR. Формальное определение «внутренней ставки доходности» заключается в том, что это та ставка дисконтирования, при которой суммы дисконтированных притоков денежных средств равны сумме дисконтированных оттоков или  $= 0$ . По разности между IRR и ставкой дисконтирования  $i$  можно судить о запасе экономической прочности инвестиционного проекта. Чем ближе IRR к ставке дисконтирования  $i$ , тем больше риск от инвестирования в данный проект.

$$\sum_{t=1}^n \frac{ЧДП_{ont}}{(1+IRR)^t} = \sum_{t=0}^n \frac{I_t}{(1+IRR)^t}$$

Между чистой текущей стоимостью (NPV) и ставкой дисконтирования ( $i$ ) существует обратная зависимость. Эта зависимость представлена в таблице 27 и на рисунке 10.



Таблица 27 – Зависимость NPV от ставки дисконтирования

№	Наименование показателя	0	1	2	3	4	Сумма, млн. руб.
1	Чистые денежные потоки, млн. руб.	-1 232 327,8	1 010 508,8	1 010 508,8	1 010 508,8	1 010 508,8	
2	Коэффициент дисконтирования						
	0,1	1	0,909	0,826	0,751	0,683	
	0,2	1	0,833	0,694	0,578	0,482	
	0,3	1	0,769	0,592	0,455	0,350	
	0,4	1	0,714	0,510	0,364	0,260	
	0,5	1	0,667	0,444	0,295	0,198	
	0,6	1	0,625	0,390	0,244	0,153	
	0,7	1	0,588	0,335	0,203	0,112	
	0,8	1	0,556	0,309	0,171	0,095	
	0,9	1	0,526	0,277	0,146	0,077	
	1	1	0,500	0,250	0,125	0,062	
3	Дисконтированный денежный поток, млн. руб.						
	0,1	-1232327,8	918552	834680	758892	690178	1969975
	0,2	-1232327,8	841754	701293	584074	487065	1381858
	0,3	-1232327,8	777081	598221	459782	353678	956434
	0,4	-1232327,8	721503	515359	367825	262732	635092
	0,5	-1232327,8	674009	448666	298100	200081	388528
	0,6	-1232327,8	631568	394098	246564	154608	194511
	0,7	-1232327,8	594179	338520	205133	113177	18682
	0,8	-1232327,8	561843	312247	172797	95998	-89442
	0,9	-1232327,8	531528	279911	147534	77809	-195546
	1,0	-1232327,8	505254	252627	126314	62652	-285481

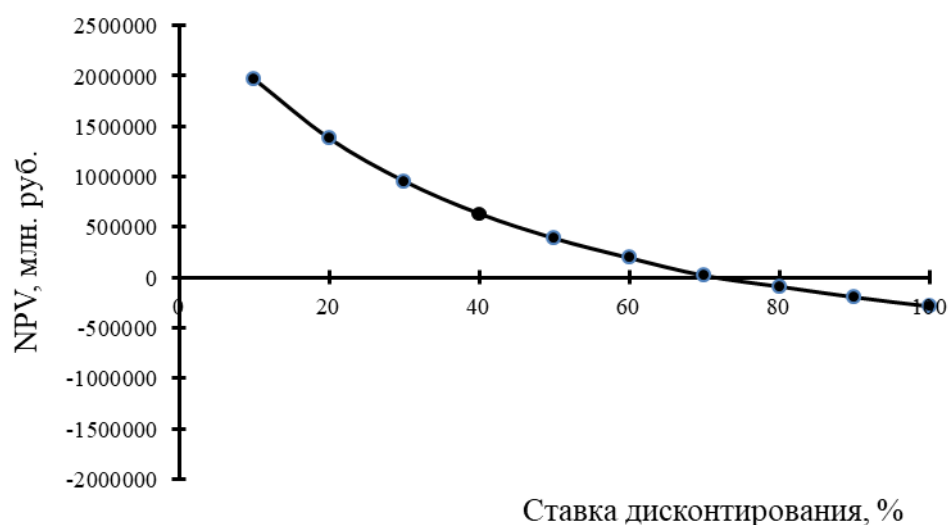


Рисунок 10 – Зависимость NPV от ставки дисконтирования

Из таблицы и графика следует, что по мере роста ставки дисконтирования чистая текущая стоимость уменьшается, становясь отрицательной. Значение ставки, при которой NPV обращается в нуль, носит название «внутренней ставки доходности» или «внутренней нормы прибыли». Из графика получаем, что IRR составляет 0,72. Запас экономической прочности проекта:  $72\% - 20\% = 52\%$ .

### *Дисконтированный срок окупаемости*

Как отмечалось ранее, одним из недостатков показателя простого срока окупаемости является игнорирование в процессе его расчета разной ценности денег во времени. Этот недостаток устраняется путем определения дисконтированного срока окупаемости. То есть это время, за которое денежные средства должны совершить оборот. Наиболее приемлемым методом установления дисконтированного срока окупаемости является расчет кумулятивного (нарастающим итогом) денежного потока (табл. 28).

Таблица 28 – Дисконтированный срок окупаемости

№	Наименование показателя	Шаг расчета				
		0	1	2	3	4
1	Дисконтированный чистый денежный поток ( $i = 0,20$ ), млн. руб.	-1232327,8	841 754	701 293	584 074	487 065
2	То же нарастающим итогом, млн. руб.	-1232327,8	- 390 574	310 719	894 793	1381858
3	Дисконтированный срок окупаемости	<b><math>PP_{дск} = 1 + 390574/701293 = 1,5</math></b> года				

Социальная эффективность научного проекта учитывает социально-экономические последствия осуществления научного проекта для общества в целом или отдельных категорий населений или групп лиц, в том числе как непосредственные результаты проекта, так и «внешние» результаты в смежных секторах экономики: социальные, экологические и иные внеэкономические эффекты.

Для оценки социальной эффективности научного проекта необходимо выявить критерии социальной эффективности, на которые влияет реализация научного проекта и оценить степень их влияния (табл. 29).

Таблица 29 – Критерии социальной эффективности

ДО	ПОСЛЕ
Низкая точность результата в связи не большими значениями нижнего предела обнаружения	Высокая точность результата флуориметрического метода в связи большими значениями нижнего предела обнаружения
Отсутствие исследования содержания селена в живом организме, в частности рыбы, на территории Западной Сибири	Уникальное научное исследование содержания селена в мышечной ткани окуня обыкновенного в водоемах Томской области

#### 5.4.2 Оценка сравнительной эффективности исследования

Определение эффективности происходит на основе расчета интегрального показателя эффективности научного исследования. Его нахождение связано с определением двух средневзвешенных величин: финансовой эффективности и ресурсоэффективности.

Интегральный показатель финансовой эффективности научного исследования получают в ходе оценки бюджета затрат трех (или более) вариантов исполнения научного исследования. Для этого наибольший интегральный показатель реализации технической задачи принимается за базу расчета (как знаменатель), с которым соотносятся финансовые значения по всем вариантам исполнения. Интегральный финансовый показатель разработки определяется по следующей формуле:

$$I_{\text{финр}}^{\text{исп.}i} = \frac{\Phi_{pi}}{\Phi_{\text{max}}}$$

где:  $I_{\text{финр}}^{\text{исп.}i}$  – интегральный финансовый показатель разработки;

$\Phi_{pi}$  – стоимость i-го варианта исполнения;

$\Phi_{\text{max}}$  – максимальная стоимость исполнения научно-исследовательского проекта (в т.ч. аналоги).

Полученная величина интегрального финансового показателя разработки отражает соответствующее численное увеличение бюджета

затрат разработки в разах (значение больше единицы), либо соответствующее численное удешевление стоимости разработки в разах (значение меньше единицы, но больше нуля). Интегральный показатель ресурсоэффективности вариантов исполнения объекта исследования можно определить по следующей формуле:

$$I_{pi} = \sum a_i \cdot b_i$$

где:  $I_{pi}$  – интегральный показатель ресурсоэффективности для  $i$ -го варианта исполнения разработки;

$a_i$  – весовой коэффициент  $i$ -го варианта исполнения разработки;

$b_i^a, b_i^p$  – бальная оценка  $i$ -го варианта исполнения разработки, устанавливается экспертным путем по выбранной шкале оценивания;

$n$  – число параметров сравнения.

Расчет интегрального показателя ресурсоэффективности приведен в форме таблицы (табл. 30).

Таблица 30 – Сравнительная оценка характеристик вариантов исполнения проекта

Критери \ ПО	Весовой коэффициент параметра	Текущий проект	Аналог 1	Аналог 2
1. Точность результата	0,25	5	4	4
2. Простота пробоподготовки	0,2	3	5	4
3. Простота эксплуатации прибора	0,1	5	4	4
4. Трудозатратность	0,2	3	4	3
5. Безопасность	0,25	5	4	4
ИТОГО	1	21	20	19

$$I_m^p = 5 \cdot 0,25 + 3 \cdot 0,2 + 5 \cdot 0,1 + 3 \cdot 0,2 + 5 \cdot 0,25 = 4,2$$

$$I_1^A = 4 \cdot 0,25 + 5 \cdot 0,2 + 4 \cdot 0,1 + 4 \cdot 0,2 + 4 \cdot 0,25 = 4,2$$

$$I_2^A = 4 \cdot 0,25 + 4 \cdot 0,2 + 4 \cdot 0,1 + 3 \cdot 0,2 + 4 \cdot 0,25 = 3,8$$

Интегральный показатель эффективности разработки ( $I_{\text{финр}}^p$ ) и аналога ( $I_{\text{финр}}^a$ ) определяется на основании интегрального показателя ресурсоэффективности и интегрального финансового показателя по формуле:

$$I_{\text{финр}}^p = \frac{I_m^p}{I_{\text{ф}}^p}; I_{\text{финр}}^a = \frac{I_m^a}{I_{\text{ф}}^a}$$

Сравнение интегрального показателя эффективности текущего проекта и аналогов позволит определить сравнительную эффективность проекта. Сравнительная эффективность проекта определяется по формуле:

$$\mathcal{E}_{\text{ср}} = \frac{I_{\text{финр}}^p}{I_{\text{финр}}^a}$$

где:  $\mathcal{E}_{\text{ср}}$  – сравнительная эффективность проекта;

$I_{\text{финр}}^p$  – интегральный показатель разработки;

$I_{\text{финр}}^a$  – интегральный технико-экономический показатель аналога.

Сравнительная эффективность разработки по сравнению с аналогами представлена в таблице 31.

Таблица 32 – Сравнительная эффективность разработки

№ п/п	Показатели	Разработка	Аналог 1	Аналог 2
1	Интегральный финансовый показатель разработки	0,78	1	0,82
2	Интегральный показатель ресурсоэффективности разработки	4,2	4,2	3,8
3	Интегральный показатель эффективности	5,38	4,2	4,6
4	Сравнительная эффективность вариантов исполнения	1,28	0,78	0,85

Представленные расчеты показывают, что с позиции финансовой и ресурсной эффективности, более эффективным вариантом решения технической задачи, поставленной в магистерской работе, является исполнение нашей разработки, так как в совокупности интегральные показатели данного исполнения выше, чем у других аналогов.

В ходе выполнения раздела финансового менеджмента рассчитан бюджет научного исследования, определена чистая текущая стоимость (NPV) равная 1 381 858 млн. руб.; индекс доходности – 2,12; внутренняя ставка доходности 72 %; срок окупаемости – 1,5 года, тем самым инвестиционный проект можно считать выгодным и экономически целесообразным.

## 6. Социальная ответственность при оценке содержания селена в мышечной ткани окуня обыкновенного (*Perca fluviatilis*)

В ходе научно-исследовательской работы были отобраны пробы обыкновенного окуня (*Perca fluviatilis*) в бассейне р. Обь, а именно в среднем течении р. Обь на территории Шегарского района Томской области, в оз. Малое Выдровское Карагасокского района, в оз. Уюк, р. Чулым и р. Лаба в Зырянском районе Томской области. Полевые работы проводились в осенний и зимний периоды. Все анализы проб проводились в 20 корпусе Томского политехнического университета. Научно-исследовательская работа включает в себя отбор проб, анализы проб (измерение массовой доли селена флуориметрическим методом на анализаторе жидкости «Флюорат-02») и обработку результатов.

**Актуальность работы** заключается в том, что селен является значимым питательным веществом для здоровья человека и выполняет важные функции в организме. Однако, для большинства регионов Российской Федерации, территория Западной Сибири в том числе, характерен дефицит селена. Наиболее безопасным путем оптимизации обеспеченности селеном населения России является его потребление в составе продуктов питания. Поскольку большая часть территории России является внутриконтинентальной, то в вопросе оценки пищевых источников селена актуальность приобретает установление содержания этого элемента в пресноводной рыбе.

Результаты научной работы могут быть использованы санитарно-эпидемиологическими органами Томской области и научно-исследовательскими институтами, которые занимаются подобными работами.

**Цель данного раздела** заключается в том, чтобы описать правовые и организационные вопросы обеспечения безопасности при полевом этапе, лабораторном этапе и обработке данных с помощью персонального компьютера, а также в анализе вредных и опасных факторов, которые

возникают при данных видах деятельности, разработке мер по защите в чрезвычайных ситуациях и характеристике влияния рассматриваемого вида деятельности на экологию.

#### 6.1 Правовые и организационные вопросы обеспечения безопасности

Согласно статье 36 Конституции Российской Федерации каждый человек имеет право выбирать род деятельности, а также каждый имеет право на труд в условиях, отвечающих требованиям безопасности и гигиены, на вознаграждение за труд без какой бы то ни было дискриминации и не ниже установленного федеральным законом минимального размера оплаты труда, а также право на защиту от безработицы [32].

Трудовым кодексом РФ регулируются трудовые отношения между работником и работодателем, а также устанавливаются правила трудового законодательства: права и обязанности работников, вопросы охраны труда, трудоустройство, пробоподготовки и повышения квалификации, права и обязанности работодателя, оплата труда и нормирование труда [74].

В статье 5 ФЗ № 426 «О специальной оценке условий труда» закреплены права и обязанности работника в ходе проведения специальной оценки условий труда.

Также в статье 91 Трудового кодекса Российской Федерации регулируется продолжительность рабочего времени. «Нормальная продолжительность рабочего времени не может превышать 40 часов в неделю» [74].

**Полевой этап.** Отбор проб проводится в осеннее и зимнее время года и регулируется ГОСТ 31339-2006 [32]. На каждой полевой площадке пробы отбирались в количестве не менее трех штук. Масса объединенной пробы составляла около 1 килограмма. После вылова необходимого количества рыб на определенной точке опробования, отобранный образец помещался в чистый (ранее не использованный) полиэтиленовый пакет. Каждая отобранная проба снабжалась этикеткой, на которой указывались место



отбора, дата отбора и количество единиц рыбы.

**Лабораторный этап. Проведение анализов.** Пробоподготовка проводится в соответствии с ГОСТ 7631-2008, в котором указаны требования к условиям пробоподготовки, оборудованию и материалам [31]. Работа в лаборатории регулируется ПНДФ 12.13.1-03 Методические рекомендации. Техника безопасности при работе в аналитических лабораториях (общие положения) [55]. Перед началом работы в химической лаборатории необходимо прохождение инструктажа. При работе в химической лаборатории необходимо надевать хлопчатобумажный халат, также при работе с ядовитыми или едкими веществами применяются средства индивидуальной защиты. При работе в лаборатории необходимо соблюдать правила пожарной безопасности и электробезопасности [55].

**Камеральный этап. Обработка результатов.** Анализ полученных результатов будет проходить при использовании персонального компьютера. Требования должны соответствовать СанПиН 2.2.2.542-96 [68] и СанПин 2.2.2/2.4.2620-10 [70]. Также согласно СанПиН 2.2.2/2.4.2620-10 установлены общие требования к организации режима труда и отдыха при работе с ПК.

## 6.2 Производственная безопасность

Работа в полевых условиях, камеральная обработка данных и лабораторно-аналитические исследования сопровождаются целой группой отрицательно действующих на организм факторов, что существенно снижает производительность труда человека. Для продуктивной работы необходимо, чтобы условия труда на рабочем месте соответствовали психологическим, санитарно-гигиеническим нормам и требованиям безопасности труда.

В данном разделе рассмотрены и проанализированы вредные и опасные факторы производственной деятельности, которые возникают на все этапах работы. Данные факторы были выбраны с помощью ГОСТа ГОСТ 12.0.003-2015 «Опасные и вредные производственные факторы. Классификация» и приведены в таблице [68].

Таблица 33 – Возможные опасные и вредные факторы

Факторы (ГОСТ 12.0.003-2015)	Этапы работ			Нормативные документы
	Полевой этап	Лабораторный этап	Камеральный этап	
1. Отклонение показателей погодных условий на открытом воздухе	+	-	-	Р 2.2.2006-05 [60]
2. Отклонение показателей микроклимата в помещении	-	+	+	СанПиН 2.2.4.548-96 [69] Р 2.2.2006-05 [60] ГОСТ 30494-2011 [23]
3. Тяжесть и напряженность физического труда, монотонность работы	+	+	+	Р 2.2.2006-05 [60]
4 Недостаточная освещенность рабочей зоны	-	+	+	СНиП 23-05-95 [72] ГОСТ Р 55710-2013 [24] ГОСТ 12.0.003-2015 [25] ГОСТ 12.4.011-89 [26]
5. Повышенное значение напряжения в электрической цепи, замыкание которой может произойти через тело человека (поражение электрическим током)	-	+	+	ГОСТ Р 12.1.019-2009 [27] СанПиН 2.2.2/2.4.2620-10 [70]
6. Пожароопасность	-	+	+	ГОСТ 12.1.004-91 [28] СНиП 21-01-97 [74] ГОСТ 12.4.009-83 [30]
7. Опасность при работе с химическими реактивами	-	+	-	ПНД Ф 12.13.1-03 [55] ГОСТ 12.1.007-76 [29]

### 6.3 Анализ опасных и вредных производственных факторов и обоснование мероприятий по их устранению

К основным опасным и вредным факторам, которые могут возникнуть при проведении полевых, лабораторных и камеральных работ по исследованию содержания селена в мышечной ткани рыбы, и повлиять на состояние здоровья человека, относятся:

**1. Отклонение показателей погодных условий на открытом воздухе.** Параметры микроклимата оказывают непосредственное влияние на самочувствие человека. Неблагоприятные метеорологические условия приводят к быстрой утомляемости, повышают заболеваемость и снижают производительность труда. Профилактика воздействия факторов климата при проведении полевых работ на здоровье человека заключается в том, что необходимо выбирать одежду по погодным условиям для того, чтобы избежать переохлаждения или перегрева организма человека, а также при себе в аптечке обязательно должны быть противовоспалительные и обезболивающие средства.

**2. Отклонение показателей микроклимата в помещении.** Состояние воздушной среды производственного помещения характеризуется следующими показателями: температурой, относительной влажностью, скоростью движения воздуха, интенсивностью теплового излучения от нагретой поверхности.

Климатические параметры в помещениях в значительной степени влияют на функциональную деятельность человека, его самочувствие, здоровье, а также ненадежность работы вычислительной техники. Отклонение микроклимата в помещениях оказывает очень заметное воздействие на организм человека, ухудшается работоспособность, замедляется мыслительная деятельность, рассеивается внимание. В таблице 2 представлены оптимальные значения показателей микроклимата для помещений при проведении лабораторных и камеральных работ в соответствии с СанПиН 2.2.4.548-96 [69].

Таблица 34 – Оптимальные величины показателей микроклимата для помещений [69]

Период года	Показатель микроклимата	Величина
Холодный	Температура воздуха в помещении	23-25°C
	Относительная влажность	40-60 %
	Скорость движения воздуха	0,1 м/с

Теплый	Температура воздуха в помещении	20-22°C
	Относительная влажность	40-60 %
	Скорость движения воздуха	0,1 м/с

Подача воздуха в помещение осуществляется за счёт системы механической вентиляции и кондиционирования, а также естественной вентиляцией – подача в помещение свежего воздуха путем его проветривания. Для поддержания оптимального микроклимата помещений в зимнее время года рабочие помещения должны отапливаться. В летний период необходимо не реже одного раза в сутки проветривать помещения, а также проводить влажную уборку. Необходимо вытирать пыль с поверхности микроскопа и монитора компьютера.

**3. Тяжесть и напряженность физического труда, монотонность работы.** Работоспособность снижается при длительном и однообразном ее выполнении, а также тяжести труда. Показатели можно разделить на «объективные» и «субъективные». К объективным показателям работоспособности обычно относят: а) изменения количественных и качественных показателей труда, б) изменения функционального состояния нервной системы. К субъективным показателям относят ощущения усталости, вялости, болезненные ощущения. Для того, чтобы избежать утомляемости необходимо делать каждые 2 часа 15 минутные перерывы, а также желательно стараться более 4 часов не заниматься одной и той же работой, необходимо менять занятие и обстановку, правильно нормировать нагрузки на организм в режиме труда.

**4. Недостаточная освещенность рабочей зоны.** Одним из элементов, влияющих на комфортное выполнение условий работы, является освещение. Недостаточность освещения приводит к напряжению зрения, ослабляет внимание, приводит к наступлению преждевременной утомленности. Чрезмерно яркое освещение вызывает ослепление, раздражение в глазах.

Неправильное направление света на рабочем месте может создавать резкие тени, блики, дезориентировать работающего. Все эти причины могут привести к несчастному случаю или профзаболеваниям, поэтому столь важен правильный расчет освещенности.

К системам освещения предъявляются следующие требования:

- соответствие уровня освещенности рабочих мест по характеру выполняемой зрительной работы;
- достаточно равномерное распределение яркости на рабочих поверхностях и в окружающем пространстве;
- отсутствие резких теней, прямой и отраженной блескости (повышенной яркости светящихся поверхностей);
- постоянство освещенности во времени;
- оптимальная направленность излучаемого осветительными приборами светового потока.

В помещениях лаборатории освещение является совмещенным (естественное освещение, дополненное искусственным). Естественное освещение осуществляется боковым светом через окна. Искусственное освещение в помещениях должно осуществляться системой общего равномерного освещения. К общему освещению дополнительно устанавливаются светильники местного освещения, предназначенные для освещения зоны расположения документов или предметов. В качестве источников света при искусственном освещении должны применяться преимущественно люминесцентные лампы типа ЛБ.

**5. Поражение электрическим током.** К опасным факторам при проведении лабораторных и камеральных работ относится поражение электрическим током при работе на таких приборах, как анализатор жидкости «Флюорат-02» и электроплитка бытовая, а также на персональных компьютерах.

Проходя через организм человека, электрический ток оказывает три

вида воздействия:

- термическое – ожоги разных форм, перегревание кровеносных сосудов и нарушение функциональности внутренних органов;
- электролитическое – расщепление крови и иной органической жидкости в тканях организма;
- биологическое – нарушение нормальной работы мышечной системы, вызывая непроизвольные судорожные сокращения мышц.

Все помещения лаборатории должны соответствовать требованиям электробезопасности при работе с электроустановками по ГОСТ Р 12.1.019-2009 [27].

Для предотвращения электротравматизма запрещается работать на неисправных электрических приборах и установках, переносить и оставлять без присмотра включенные электроприборы, работать вблизи открытых частей электроустановок, загромождать подходы к электрическим устройствам. Защита от электрического тока подразделяется:

- защита от прикосновения к токоведущим частям электроустановок (изоляция проводов, ограждения, блокировка, пониженные напряжения, сигнализация, знаки безопасности и плакаты);
- защиты от поражения электрическим током на электроустановке (защитное заземление, защитное отключение, молниезащита).

**6. Пожароопасность.** В период выполнения лабораторных и камеральных работ может возникнуть пожар. Причинами его возникновения могут быть: неисправность проводки, сбои в работе приборов и компьютерной технике, несоблюдение техники безопасности при работе с реактивами, халатность сотрудника при выполнении работ. При возникновении пожара человек подвергается действию высоких температур, вдыханию едких и удушливых газов, влиянию задымленности. Все помещения лаборатории должны соответствовать требованиям пожарной безопасности по ГОСТ 12.1.004-91 [28] и иметь средства пожаротушения по ГОСТ 12.4.009-83 [30]. Лаборатории ТПУ соответствуют требованиям

пожарной безопасности.

**7. Опасность при работе с химическими реактивами.** Все органические вещества в той или иной степени ядовиты, а многие из них - огнеопасны и взрывоопасны. Химические реактивы по степени опасности и влияния на здоровье человека делят на четыре класса опасности: чрезвычайно опасные, высокоопасные, умеренно опасные, малоопасные. Обязательным условием безопасной работы с химическими веществами является знание химических и физических свойств реактивов и растворителей, с которыми предстоит работать, знание особенностей их токсического действия, основных мер профилактики отравлений, симптомов отравлений и способов оказания первой помощи.

Все химические реактивы хранятся в специально предназначенных для этого местах (в металлических шкафах, песке и т.д.) в плотно закрытых склянках с этикетками. Взрывчатые, самовоспламеняющиеся, особо токсичные вещества и их смеси в больших объемах в лаборатории не хранятся.

Все емкости с реактивами должны быть промаркированы этикетками, на которых можно встретить специальные обозначения – специальные знаки-символы, указывающие на виды опасных и вредных факторов воздействия: взрывоопасные, горючие, токсичные (ядовитые), едкие (разъедающие кожу, ткани, мебель и т.д.), радиоактивные. Для растворов, приготовленных в лаборатории, является обязательным правило – указывать на этикетках концентрации и даты приготовления раствора. При работе реактивы необходимо предохранять от загрязнения, расходовать экономно, строго по инструкции. Вещества, окисляющиеся на свету, следует хранить в темной посуде.

Работая в лаборатории с различными химикатами, необходимо строго соблюдать основные правила техники безопасности работы с химическими веществами.

#### 6.4 Экологическая безопасность

Во время проведения полевых и камеральных работ окружающая среда не подвергается негативному воздействию. При отборе проб не использовались такие методы рыбалки, которые могли повлиять на среду обитания речных гидробионтов. Рыбалка осуществлялась с помощью рыболовных удочек. Также, то количество рыб, которое было выловлено для научно-исследовательских целей, не может привести к истощению рыбных запасов в исследуемых водных объектах. Это также не может привести к сокращению популяции обыкновенного окуня в каждом из водных объектов, в следствии этого нарушить трофические цепи и разрушить экосистему водного объекта.

Отобранные образцы доставлялись в лабораторию для анализа сразу же после отбора проб или, в случае необходимости, замораживались с помощью морозильных камер.

Исследование проб мышечной ткани обыкновенного окуня проводилось в 20-м корпусе НИ ТПУ в отделении геологии. Измерение массовой доли селена флуориметрическим методом включает в себя сложную и длительную пробоподготовку в аналитической лаборатории с применением различных химических реактивов. Все работы, где были задействованы химические реактивы и вещества, выполнялись под вытяжным шкафом, следовательно, негативного влияния на атмосферный воздух не оказывалось. Отработанные реактивы сливались в отдельные склянки для последующей переработки или передачи в организации, занимающиеся утилизацией химических веществ.

При анализе проб, исследуемые объекты не приобретают новых свойств, например, таких как радиоактивность, и не оказывают влияния ни на одну из биосферных оболочек. Отсюда следует, что изучение проб речного окуня не несет вред окружающей среде (атмосфере, гидросфере, литосфере).



## 6.5 Безопасность в чрезвычайных ситуациях

При работе в лаборатории наиболее возможным вариантом чрезвычайной ситуации является пожар. Чтобы не допустить возникновения пожара, вследствие неисправности и замыкания электропроводки, следует выполнить следующие правила и требования пожарной безопасности:

1. Необходимо тщательно проверить исправность электропроводки, постоянно следить за их исправностью, за целостностью розеток, вилок и электрошнуров.
2. Нельзя оставлять без присмотра находящиеся под напряжением электроприборы.
3. Постоянно производить проверку лабораторного оборудования, с целью выявления неисправностей. Неисправное лабораторное оборудование нужно немедленно утилизировать, либо отправить в ремонт.
4. Все люди, работающие на электроприборах, должны пройти специальный инструктаж по технике безопасности, и быть допущенными к электроприборам.

В случае возникновения пожара нужно действовать согласно «Инструкции о действиях работников в случае возникновения пожара»:

1. Незамедлительно сообщить об этом по телефону. С городского телефона по номерам 01, 101 или 112 в, с мобильного телефона по номерам 101 и 112 (при этом необходимо назвать адрес объекта, место возникновения пожара, а также сообщить свою фамилию), поставить в известность службу охраны и покинуть здание.
2. В случае сильного задымления и ограниченной видимости не следует паниковать, надо лечь на пол (для того, чтобы не задохнуться т.к. дым висит над полом примерно в 30-ти сантиметрах и в этой зоне можно дышать) и осмотреться, сориентироваться в помещении, определить направление движения к выходу и покинуть помещение.
3. Принять по возможности меры по эвакуации людей и материальных ценностей в соответствии с планом эвакуации и реально создавшейся

ситуацией.

4. По возможности отключить электроэнергию и приступить к тушению пожара первичными средствами пожаротушения, не подвергая свою жизнь опасности.

Здание, в котором располагается аналитическая лаборатория, где проводились выше описанные исследования, по пожарной опасности относится к категории В соответствии с ФЗ от 22.07.2008 года № 123 "Технический регламент о требованиях пожарной безопасности" [83] – производства, связанные с обработкой или применением твердых сгораемых веществ и материалов (компьютерная техника, предметы мебели). В данном помещении не обнаружено предпосылок к пожароопасной ситуации. Это обеспечивается соблюдением норм при монтаже электропроводки, отсутствием электрообогревательных приборов и дефектов в розетках и выключателя.

Таким образом, в ходе разработки данной главы учитывалось трудовое законодательство, которое регламентирует разные этапы проведения работы без нарушения нормативов. Также рассматривались вредные и опасные факторы, которые могут оказывать влияние на здоровье людей, выполняющих работы в помещении. В соответствии с ГОСТ и СанПиН для работников были даны рекомендации для избегания несчастных случаев. Также рассматривались возможные чрезвычайные ситуации на рабочем месте и меры для их избегания.

## ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Анализ современной литературы и раннее проведенных исследований, проделанный в ходе выполнения магистерской диссертации, не оставляет сомнений в значимости селена не только для здоровья человека, но и для многих других живых организмов. Особенность данного микроэлемента заключается не только в широком спектре полезных свойств для живого организма, но и в его узком диапазоне между токсическими и эссенциальными концентрациями. Селен – это естественный элемент, широко распространенный в окружающей среде. Но стоит отметить, что его поведение в различных природных средах, будь то земная кора, почва или вода, является сложным. Т.к. человек получает селен преимущественно с пищей, наиболее важным и актуальным было определить его содержание в продуктах питания, в данном случае, в одном из основных промысловых видов рыб.

Определение массовой доли селена в мышечной ткани обыкновенного окуня, обитающего в бассейне р. Обь на территории Томской области, показало интервал концентраций от 6,1 до 122 мкг/кг. При сравнении полученных результатов с известными литературными данными, был сделан вывод, что речная рыба бассейна р. Обь, в целом, имеет нормальное содержание селена. Так же ни одна из исследуемых проб не превышает предельно допустимые концентрации в рыбе и рыбных продуктах. Т.к. вблизи отбора проб отсутствуют антропогенные источники загрязнения, для которых характерно привнесение селена в окружающую среду, вероятнее всего, на уровень содержания данного элемента в организме рыб влияют природные факторы.

В качестве пищевого источника селена, рыба, обитающая в изученных водных объектах, не подходит. На наш взгляд более приемлемым будет употребление данной речной рыбы, а лучше ее субпродуктов, т.к. в них содержится больше селена, чем в филе, в совокупности с другими пищевыми продуктами богатыми селеном.

Полагаем, что только комплексное биогеохимическое исследование, включающее в себя, определение содержания селена в воде, грунте, планктоне, органах и тканях рыб, позволит сделать вывод об обеспеченности водных экосистем микроэлементом и необходимости использования рыбы и рыбной продукции в обеспечении селеном населения России.

Был рассмотрен экономический вопрос проведенных исследований: стоимость проведения научно-исследовательской работы составила 1 381 858 млн. рублей. Кроме того, предоставлено обоснование проведенных работ, которое включало в себя расчет затрат труда и времени, а также смету по всем проведенным работам, сумма в которой дала представление об общей стоимости исследования. В результате проведенных расчетов, установлено, что проводимое научное исследование, с позиции финансовой и ресурсной эффективности, является более выгодным по сравнению с аналогами.

## СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Абрамов А.Ф. Содержание селена в пресноводных рабах рек и озер Якутии / А.Ф. Абрамов, В.Т. Васильева, А.А. Ефимова // Тенденции развития науки и образования. № 42-3. 208. С. 57-59.
2. Антипов, В. А. Селен в животноводстве и ветеринарии / В. А. Антипов, Т. Н. Родионова, В. А. Беляев, И. А. Яппаров, В. А. Гринь // Казань: Центр инновационных технологий. 2012. 231 с.
3. Бахматова Ю.А. Содержание и характер распределения селена в поверхностных водах на территории Архангельской области / Ю.А. Бахматова, В.П. Евдокимова, Р.Д. Кузовлева // Актуальные проблемы гуманитарных и естественных наук. № 4-1. 2014. С. 37-41.
4. Богуцкая Н. Г., Насека А. М. Каталог бесчелюстных и рыб пресных и солоноватых вод России с номенклатурными и таксономическими комментариями. М.: Товарищество научных изданий КМК, 2004. 389 с.
5. Бородулина Г.С. Селен в подземных водах Карелии / Г.С. Бородулина, В.В. Вапиров, А.А. Венскович // Ученые записки Петрозаводского Государственного Университета. № 6. 2015. С. 10-14.
6. Бурцева Т.И. Оценка загрязнения окружающей среды селеном предприятиями по добыче и переработке медной руды в Оренбургской области / Т.И. Бурцева, Н.А. Голубкина, А.В. Скальный // Технологии живых систем. Т. 9. № 4. 2012. С. 25-29.
7. Васильев В.Ю. Обеспеченность селеном пищевой цепи промысловых видов рыб в малых реках Саратовской области / В.Ю. Васильев, А.Ю. Кутепов, Т.Д. Искра // Вопросы нормативно-правового регулирования в ветеринарии. № 4. 2009. С. 92-93.
8. Васильев В.Ю. Селен в пищевой цепи промысловых рыб / В.Ю. Васильев, А.Ю. Кутепов, Д.В. Кривенко // Вестник ОГУ. № 15. 2011. с. 39-41.
9. Вода России [Электронный ресурс] /Режим доступа: [http://water-rf.ru/Водные\\_объекты/1308/Чулым](http://water-rf.ru/Водные_объекты/1308/Чулым), свободный (дата обращения: 19.02.2018).

10. Вода России. Речные бассейны / Под науч. ред. А.М. Черняева; ФГУП РосНИИВХ. – Екатеринбург: Издательство «АКВА-ПРЕСС», 2000. 536 с.
11. Воробьев В.И. Биогеохимия и рыбоводство. Саратов: МП Литера, 1993. 224 с.
12. Временные гигиенические нормативы содержания некоторых химических элементов в основных пищевых продуктах (утв. Главным государственным санитарным врачом СССР 30 сентября 1981 г. N 2450-81).
13. Ресурсы поверхностных вод СССР: Гидрологическая изученность. Т. 15. Алтай и Западная Сибирь. Вып. 2. Средняя Обь / под ред. В. В. Зееберг. — Л.: Гидрометеиздат, 1967. 351 с.
14. Голубкина, Н. А. К вопросу обогащения пищевых продуктов селеном / Н. А. Голубкина, С. А. Хотимченко, В. А. Тутельян // Микроэлементы в медицине. 2003. Т. 4. № 4. С. 1–5.
15. Голубкина Н.А. Накопление селена в водных организмах Каспийского моря / Н.А. Голубкина, Е.Г. Спиридонова, В.Ф.Зайцев // Юг России: Экология, развитие. № 1. 2012. С. 77-80.
16. Голубкина, Н. А. Показатели селенового статуса Вьетнама / Н. А. Голубкина, Т. Х. Као, Н. В. Лобус, М. Ю. Карапун, Л. П. Воронина // Вопросы биологической, медицинской и фармацевтической химии. 2015. № 1. С. 38– 42.
17. Голубкина, Н.А. Селен в медицине и экологии / Н. А. Голубкина, А. В. Скальный, Я. А. Соколов и др., М., КМК, 2002. 136 с.
18. Голубкина, Н. А. Селен в питании. Растения, животные, человек / Н. А. Голубкина, Т. Т. Папазян. – М.: Печатный город, 2006. – 250 с.
19. Голубкина Н.А. Содержание селена в нефти некоторых регионов России / Н.А. Голубкина, С.М. Надежкин, М.Ю. Макарова и др. // Защита окружающей среды в нефтегазовом комплексе. 2013. № 1. С. 29-32.

20. Голубкина Н.А. Содержание селена в мышечной ткани морских видов рыб в Каспийском море / Н.А. Голубкина, О.А. Чиженкова, В.Ф. Заицев // Вестник АГТУ. Серия: рыбное хозяйство. № 2. 2009. С. 44-46.

21. Голубкина Н. А., Широков Д. В. Характеристика пищевой цепи переноса селена в условиях Чувашии // Микроэлементы в медицине. – 2003. – Т. 4, № 2. – С. 11–15.

22. ГОСТ 13273-88. Воды минеральные питьевые лечебные и лечебно-столовые. М.: Изд-во стандартов, 1988. – 43 с.

23. ГОСТ 30494-2011. Здания жилые и общественные. Параметры микроклимата в помещениях.

24. ГОСТ Р 55710-2013. Освещение рабочих мест внутри зданий. Нормы и методы измерений.

25. ГОСТ 12.0.003-2015 Система стандартов безопасности труда (ССБТ). Опасные и вредные производственные факторы. Классификация.

26. ГОСТ 12.4.011-89. Система стандартов безопасности труда (ССБТ). Средства защиты работающих. Общие требования и классификация.

27. ГОСТ Р 12.1.019-2009 Система стандартов безопасности труда (ССБТ). Электробезопасность. Общие требования и номенклатура видов защиты.

28. ГОСТ 12.1.004-91. Система стандартов безопасности труда (ССБТ). Пожарная безопасность. Общие требования.

29. ГОСТ 12.1.007-76. Система стандартов безопасности труда (ССБТ). Вредные вещества. Классификация и общие требования безопасности.

30. ГОСТ 12.4.009-83. Система стандартов безопасности труда (ССБТ). Пожарная техника для защиты объектов. Основные виды. Размещение и обслуживание.

31. ГОСТ 7631-2008. Рыба, нерыбные объекты и продукция из них. Методы определения органолептических и физических показателей.

32. ГОСТ 31339-2006 Рыба, нерыбные объекты и продукция из них. Правила приемки и методы отбора проб.

33. Государственный доклад «О состоянии и охране окружающей среды Томской области в 2015 году» [Электронный ресурс] / Режим доступа: [http://elib.odub.tomsk.ru/ecologiya/doklad\\_2016\\_web.pdf](http://elib.odub.tomsk.ru/ecologiya/doklad_2016_web.pdf), свободный (дата обращения: 14.04.2020).

34. Домаренко В.А. Геохимический баланс водосбора малой реки Ильбокич (бассейн Ангары, Средняя Сибирь) / В.А. Домаренко, О.Г. Савичев, С.С. Улаева // Разведка и охрана недр. № 7. 2019. с. 35-42.

35. Донская Г.А. Обогащение селеном молока для питания детей / Г.А. Донская, З.А. Бирюкова // Переработка молока. № 7. 2015. С. 36-40.

36. Ермаков В.В. Биологическое значение селена / В. В. Ермаков, В. В. Ковальский. — Москва: Наука, 1974. — 300 с.: ил.. — Библиогр.: с. 253-289.

37. Ермаков, В. В. Биогеохимия селена и его значение в профилактике эндемических заболеваний человека / В. В. Ермаков // Электронный научно-информационный журнал. 2004. № 1 (22). С. 1–17.

38. Иваненко Н.В. Роль микроорганизмов в трансформации селена в морских водах // Биология моря. Т. 44. № 2. 2018. С. 73-79.

39. Иванова И.С. Условия трансформации коммунально-бытовых сточных вод в болотных экосистемах (на примере Обского болота, Западная Сибирь) / И.С. Иванова, О.Г. Савичев, Е.А. Солдатова и др. // Известия ТПУ. Инжиниринг георесурсов. Т. 331. № 3. 2020. с. 39-51.

40. Каббата-Пендиас, А. Микроэлементы в почвах и растениях / А. Каббата-Пендиас, Х. Пендиас. М., Мир, 1989. 440 с.

41. Капитальчук, М. В. Аккумуляция и миграция селена в компонентах биогеохимической цепи «почва – растения – человек» в условиях Молдавии / М. В. Капитальчук, И. П. Капитальчук, Н. А. Голубкина // Поволжский экологический журнал. – 2011. – № 3. – С. 323–335.

42. Капитальчук М.В., Голубкина Н.А., Шешнищан С.С. Особенности аккумуляции селена растениями водных экосистем Молдавии // Вестник МГОУ. Серия Естественные науки. 2013. № 3. С. 104- 108.



43. Кирюшина, А.П. Влияние фоллиарной обработки селенитом натрия на продуктивность и качество зерновых культур в условиях разного минерального питания: дис. ... канд. биол. наук. МГУ им. М.В. Ломоносова. 2017. 111 с.

44. Конституция Российской Федерации (1993). Конституция Российской Федерации: принята всенар. голосованием 12.12.1993 г. / Российская Федерация. Конституция (1993). М.: АСТ: Астрель, 2007. 63 с.

45. Лебедь, А. Б. Производство селена и теллура на ОАО «Уралэлектромедь»: учебное пособие / А. Б. Лебедь, С. С. Набойченко, В. А. Шунин; под общ. ред. С. С. Набойченко. Екатеринбург: Изд-во Урал. ун-та, 2015. 112 с.

46. Лезин В.А. Гидрология и гидробиология Западной Сибири: Сб. статей / Под.ред. В. А. Лезина. Тюмень: Гос. ун-т, 1975. 118 с.

47. Методика измерений массовой доли селена в пробах пищевых продуктов и продовольственного сырья, а также комбикормов и комбикормового сырья флуориметрическим методом на анализаторе жидкости «Флюорат-02» // ООО «Люмэкс-маркетинг», 2013 г.

48. Минюк Г.С., Дробецкая И.В. Влияние селена на жизнедеятельность морских и пресноводных микроводорослей (обзор) // Экология моря. 2000. № 54. С. 26-37.

49. Михайлов В.Н., Добровольский А.Д., Добролюбов С.А. Гидрология.- М: «Высшая школа», 2005.

50. Моисеенко Т. И., Кудрявцева Л. П. Оценка геохимического фона и антропогенной нагрузки по биоаккумуляции микроэлементов в организме рыб // Водные ресурсы. 2005. № 6. С. 700-711.

51. Никитина И.А. Селен в гидробионтах водно-болотных угодий бассейна реки Амур // Известия Самарского научного центра РАН. № 1-4. 2014. С. 999-1002.

52. Океаны, озёра и реки // Река Обь [Электронный ресурс] /Режим доступа: [http://www.factruz.ru/world\\_ocean/ob-river.htm](http://www.factruz.ru/world_ocean/ob-river.htm), свободный (дата обращения: 14.04.2020).

53. Пасечник Е.Ю. Микроэлементный состав подземных вод верхней гидрогеодинамической зоны в бассейне Верхней Оби как фактор формирования их эколого-геохимического состояния / Е.Ю. Пасечник, Н.В. Гусева, О.Г. Савичев и др. // Известия ТПУ. Инжиниринг георесурсов. Т. 331. № 4. 2020. с. 54-63.

54. Племенков, В.В. Природные соединения селена и здоровье человека // Вестник РГУ им. Канта. Естественные науки. № 1. 2007. С. 51-63.

55. ПНД Ф 12.13.1-03 Методические рекомендации. Техника безопасности при работе в аналитических лабораториях (общие положения).

56. Попов П. А., Визер А. М., Андросова Н. В. Содержание металлов в мышечной ткани промысловых видов рыб из Новосибирского водохранилища и реки Оби на приплотинном участке //Сибирский экологический журнал. 2012. № 4. С. 479-483.

57. Попов П. А., Казанцев В. А. Рыбы Сибири: распространение, экология, вылов. – Федеральное государственное автономное образовательное учреждение высшего образования Новосибирский национальный исследовательский государственный университет, 2007.

58. Приказ Минсельхоза России от 13.12.2016 N 552 (ред. от 12.10.2018) "Об утверждении нормативов качества воды водных объектов рыбохозяйственного значения, в том числе нормативов предельно допустимых концентраций вредных веществ в водах водных объектов рыбохозяйственного значения".

59. Пудовкин Н.А. Особенности накопления и распределения селена в воде, донных отложениях и макрофитов бассейна средней Волги / Н.А. Пудовкин, П.В. Смутнев // Вестник Тамбовского Университета. Т. 19. № 5. 2014. С. 1721-1723.

60. Р 2.2.2006-05. Гигиена труда. Руководство по гигиенической оценке факторов рабочей среды и трудового процесса. Критерии и классификация условий труда.

61. Река Обь. Географическое положение и описание реки [Электронный ресурс] / Режим доступа: [https://www.syl.ru/article/188272/new\\_reka-obgeograficheskoe-polojenie-i-opisanie-reki](https://www.syl.ru/article/188272/new_reka-obgeograficheskoe-polojenie-i-opisanie-reki), свободный (дата обращения: 14.04.2020).

62. Реки и озёра России // Описание, характеристики [Электронный ресурс] / Режим доступа: <http://www.waterguide.ru/reka-ob.html> (дата обращения: 19.04.2020).

63. Реки Томской области [Электронный ресурс] / Режим доступа: <http://posibiri.ru/reki-tomskoj-oblasti/>, свободный (дата обращения: 19.04.2020).

64. Решетник, Л.А. Биогеохимическое и клиническое значение селена для здоровья человека / Решетников Л.А., Парфенова Е.О. // Вестник ИГМУ. 2006. С. 16-22.

65. Савичев О.Г. Реки Томской области: состояние, охрана и использование. Томск: Изд-во ТПУ, 2003, 202 с.

66. Савичев О. Г. Исследование эколого-геохимического состояния речных вод бассейна Средней Оби : автореферат диссертации на соискание ученой степени кандидата географических наук : спец. 11.00.11 / О. Г. Савичев ; Томский политехнический университет; науч. рук. С. Л. Шварцев. — Томск, 1996. — 22 с.

67. СанПин 2.1.4.1074 – 01. Питьевая вода. Гигиенические требования к качеству централизованных систем питьевого водоснабжения. Контроль качества. М.: Минздрав России, 1988. – 84 с.

68. СанПиН 2.2.2.542-96. Гигиенические требования к видеодисплейным терминалам, персональным электронно-вычислительным машинам и организации работ.

69. СанПиН 2.2.4.548-96. Гигиенические требования к микроклимату производственных помещений.

70. СанПиН 2.2.2/2.4.2620-10. Гигиенические требования к персональным электронно-вычислительным машинам и организации работы.
71. Селякина К.П. Концентрация селена и теллура в окружающей среде. Гигиена и профзаболевания / К.П. Селякина, Н.П. Яхимович, Л.С. Алексеева // Сб. научн. трудов Моск. науч.-исслед. ин-та гигиены. 1974. №. 21, с. 69-72.
72. Смутнев П.В. Миграция селена в водной экосистеме реки Волги в границах Саратовской области / П.В. Смутнев, Н.А. Пудовкин // Вестник АГТУ. Серия: рыбное хозяйство. № 1. 2016. с. 37-43.
73. СНиП 23-05-95. Естественное и искусственное освещение.
74. СНиП 21-01-97. Пожарная безопасность зданий и сооружений.
75. Струппуль Н.Э. Содержание селена в промысловых гидробионтах Японского моря / Н.Э. Струппуль, О.Н. Лукьянова // Известия ТИНРО (Тихоокеанского научно-исследовательского рыбохозяйственного центра). № 134. 2003. С. 280-288.
76. Тутельян В.А. Значение селена в полноценном питании человека / В.А. Тутельян, В.К. Мазо, Л.И. Ширина // Гинекология. № 2. 2002. С. 88-90.
77. Тутельян В.А., Княжев В.А., Хотимченко С.А. и др. Селен в организме человека: метаболизм, антиоксидантные свойства, роль в канцерогенезе. М.: Изд-во РАМН. 2002. 224 с.
78. Шаховская А.К. О применении органической формы селена в питании гастроэнтерологических больных / А.К. Шаховская, И.В. Гмошинский, А.В. Васильев и др. // Экология моря. Т. 54. 2000. С. 83-86.
79. Шварцев С. Л. и др. Эколого-геохимическое состояние речных вод Средней Оби // Водные ресурсы. 1996. Т. 23. №. 6. С. 723-731.
80. Шестакова Т.П. Использование селена в медицинской практике // Регулярные выпуски «РМЖ». 2017. № 22. С. 1654-1659.
81. Шеуджен А.Х. Биогеохимия и агрохимия селена / А.Х. Шеуджен, И.А. Лебедевский, Т.Н. Бондарева // Политематический сетевой электронный научный журнал КубГАУ. 2013. № 92. С. 781-798

82. Федеральный закон "О специальной оценке условий труда" от 28.12.2013 N 426-ФЗ.

83. Федеральный закон "Технический регламент о требованиях пожарной безопасности" от 22.07.2008 N 123-ФЗ.

84. Baldwin S., Mather W., Kleber E., Krikowa F. Selenium in marine organisms of seagrass habitats (*Posidonia australis*) of Jervis Bay, Australia // Mar. Pollut. Bull. - 1996. Vol. 32, № 3. - P. 310-316.

85. Baum MK, Shor-Posner G, Lai S, Zhang G, Lai H, Fletcher MA, Sauberlich H, Page JB. High risk of HIV-related mortality is associated with selenium deficiency. J Acquir Immune Defic Syndr 1997; 15:370-374.

86. Beck M.A. Selenium and host defense towards viruses. Proc Nut Soc. 1999. P. 707-711.

87. Blessing, H. Interaction of selenium compounds with zinc finger proteins involved in DNA repair / H. Blessing, S. Kraus, P. Heindl, W. Bal, A. Hartwig // European Journal of Biochemistry. 2004. V. 271. P. 3190–3199.

88. Cutter G.A., Cutter I.S. Selenium biogeochemistry in the San Francisco Bay estuary changes in water column behavior//Estuar. Coastal Shelf Sci. 2004. Vol. 610. P. 463-476.

89. Ermakov, V. V. Problems of extremal geochemical ecology and biogeochemical study of the biosphere / V. V. Ermakov // Biogeochemistry and Geochemical Ecology. 2001. P. 98-144.

90. Finley JW, Penland JG, Adequacy or deprivation of dietary selenium in healthy men: clinical and psychological findings. J Trace Elem Exp Med. 1998. P. 11-27.

91. Jonklaas J., Danielsen M., Wang H. A pilot study of serum selenium, vitamin D, and thyrotropin concentration in patient with thyroid cancer // Thyroid. 2013. Vol. 23(9). P. 1079–1086.

92. Morrison D.K. The possible role of selenium in antioxidation in marine waters: a preliminary study // Sci. Total Environm. - 2003. - Vol. 144 - P. 241-246.

93. Letavayova, L. Selenium: From cancer prevention to DNA damage / L. Letavayova, V. Vlckov, J. Brozmanova // *Toxicology*. 2006. V. 227. P. 1–14.
94. Nicoll AE, Norman J, MacPherson A, Acharya U. Association of reduced selenium status in the aetiology of recurrent miscarriage. *Br J Obs Gyn*. 1999. P. 1188-1191.
95. Nriagu J.O., Wong H.K. Selenium pollution of lakes near the smelters at Sudbury // *Ontario*. 1983. V. 301. P. 55–57.
96. Rasmussen L.B., Schomburg L., Kohrle J., et al. Selenium status, thyroid volume, and multiple nodule formation in area with iodine deficiency // *European Journal of Endocrinology*. 2011. Vol. 164(4). P. 585–590.
97. Reimann C., Ayras M., Chekushin V. et al. Environmental Geochemical Atlas of the Central Barents Region. NGU – GTK – CKE Special Publication. Trondheim, Geological Survey of Norway, Norway, 1998. 745 p.
98. Roman, M. Selenium biochemistry and its role for human health / M. Roman, P. Jitaru, C. Barbante // *Metallomics*. 2014. V. 6. I. 1. P. 25–54.
99. Tan, J. Selenium in soil and endemic diseases in China / J. Tan, W. Zhu, W. Wang, R. Li, S. Hou, D. Wang, L. Yang // *Science of the Total Environment*. 2002. V. 284. P. 227–235.
100. Sappey C, Legrand-Poels S, Best-Belpomme M, Favier A, Rentier B, Piette J. Stimulation of glutathione peroxidase activity decreases HIV Type 1 activation after oxidative stress. *AIDS Res Hum Retrovir*. 1994. P. 1451-1461.
101. Schwarz, R. Selenium as an integral part of Factor 3 against dietary necrotic liver degeneration / R. Schwarz, C. M. Foltz // *Journal of the American Chemical Society*. – 1957. – V. 79. – P. 3293.
102. Studies on the origin and transformation of selenium and its chemical species along the process of petroleum refining / C.M. Stivanin de Almeidaa [et al.] // *Spectrochimica Acta Part B:Atomic Spectroscopy*. 2009. Vol. 64. P. 491—499.

## Приложение А

### Раздел 1

#### The biological significance of selenium and it's content in biological environments

Студент:

Группа	ФИО	Подпись	Дата
2ГМ81	Евдокимова Елизавета Алексеевна		

Консультант – лингвист отделения геологии школы ИШПР:

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Доцент	Сыскина Анна Александровна	канд. филол. наук		

## INTRODUCTION

Selenium is one of trace elements, the lack or excess of which in the diet of humans and animals leads to serious diseases. The role of selenium in the environment is largely determined by its narrow range of normal concentrations, above which this element has toxic properties, and below it already deficient.

Selenium is an essential nutrient and performs important functions in the body, including thyroid hormone metabolism, redox reactions and immune functions. When selenium is incorporated into proteins such as glutathione peroxidase, it's one of the most important antioxidants in the body.

Despite the fact that selenium is an important element for a living organism, there are potential health risks for certain groups of people who have or may have increased levels of selenium exposure. Selenosis, or, more specifically, selenium toxicosis, in humans is characterized by jaundice, peeling of the epidermis, damage to tooth enamel, arthritis, anemia, and nervous disorders [49]. In areas with high levels of selenium, people have eczema, constant fatigue and lack of appetite, diseases of the gastrointestinal tract, liver and spleen. Excess selenium in the environment also adversely affects the processes of ossification (the process of bones) and the condition of the teeth.

*Relevance of work.* According to current evidence, the deficiency of selenium in the environment is characteristic of twenty-seven regions of the Russian Federation. A directed study of the availability of selenium in the territory of the Tomsk region was not conducted, but indirect data indicate that this region belongs to selenium-deficient territories. Obviously, the safest way to optimize the supply of selenium to the population of Russia is to consume it as part of food products. Since most of the territory of Russia is intracontinental, in the assessment of food sources of selenium, the establishment of the content of this element in freshwater fish is becoming relevant.

In this connection, the aim of the master's dissertation is to determine the content of selenium in the muscle tissue of common perch (*Perca fluviatilis*), one of the main commercial fish species in the Ob basin.



Based on the aim, the following tasks were identified:

- to study and analyze scientific and methodological literature on the topic of research;
- to develop the method of measuring the mass fraction of selenium in the samples of food products and food raw materials;
- to determine the content of selenium in the muscle tissue of common perch by fluorimetric method on a Fluorat-02 liquid analyzer;
- compare the results with available literature data and assess the content of selenium in freshwater fish.

*Object of study:* common perch of the river basin of Ob.

*Subject of study:* the level of selenium in the muscle tissue of common perch (la. *Perca fluviatilis*), sampling in the river basin of Ob.

*Scientific novelty:*

- for the first time, the content of selenium was determined in the muscle tissue of river fish, selected in the Ob river basin, in the territory of the Tomsk Region;
- river fish living in the Tomsk Region are evaluated as a potential food source of selenium.

The author's personal contribution to obtaining the results lies in his direct participation in the sample preparation for analysis, measurement of the mass fraction of selenium by the fluorimetric method on the Fluorat-02 liquid analyzer, and also in the processing of the material.

The research materials were presented by the author at the International Symposium named after the academician M.A. Usov in 2019-2020 in the city of Tomsk.

## 1. The biological significance of selenium and its content in biological environments

### 1.1. Historical aspects of the study of selenium

A big push to the development of research into selenium as a trace element was the discovery of its essentiality for the human body and animals, despite the fact that for a long time it was considered an extremely toxic element. Selenium was discovered in 1817 in Sweden at the pyrite mines by Jacob Berzelius, who first described the properties of the new element. There is also evidence in the literature that selenium was discovered in the 14th century by Arnold de Villanova [35]. He studied the red sediment that appeared on the walls of the container used to evaporate sulfur, which we can now explain by the duality between selenium and sulfur. However, the "red sulfur" wasn't given due attention.

In modern literature there are several historical stages of the study of this element. Selenium was exclusively perceived as a toxic agent for living organisms from the 19th to the beginning of the 20th century. The first mentioning of the toxicity of selenium dates back to 1856, when G. Madison described the appearance of a disease in horses, characterized by loss of hair on the body and tail and disease of the limbs. The cause of this disease became known only in 1929, when an increased content of selenium was found in the plants that the animals fed on (up to 1 g/kg of green mass, mainly in astragalus). Selenium toxicosis in animals associated with an excess of this element in plants and soils has been established in many countries. However, it's now known that hyperselen biogeochemical provinces occupy a relatively small area and are very rare, especially in humid and semi-humid climates [35].

The second stage in the study of selenium was associated with the determination of the necessary content of this element to ensure the life of humans and animals. During this period (from about 1929 to 1957), a great interest was shown in this element as necessary for living organisms, but the lack of which led to many diseases. The protective effect of selenium against white muscle disease of livestock, which develops with a deficiency of this element in feed, has been

shown. In this regard, interest in the role of trace elements in agriculture has increased. It was proved that the lack of selenium in food in animals leads to the development of myodystrophy (a disease of muscle structures), cardiomyopathy and cirrhosis.

However, since 1943, an opinion has been formed on the carcinogenic properties of selenium on the basis that selenium-containing additives caused liver cirrhosis in rats with constant feeding in toxic doses [17]. But, starting in 1956, lengthy experiments were carried out in the USA on rats with different amounts of selenite and selenate, during which no cancer caused by selenium was detected [98]. The results of these experiments questioned the carcinogenicity of selenium. Later, nutritional experiments were carried out by Schamberger, in which cases of cancer were more common in selenium-free mouse than in mouse using its supplement, which once again proved how narrow the range between toxicity and essentiality for this element.

The beginning of the modern period of the study of selenium (from the 60s of the XX century to the present) was the discovery of selenium-containing enzyme – glutathione peroxidase, which neutralizes reactive oxygen species and free radicals in living cells. As well as the identification of vast areas with a low content of selenium in the environment, feed and food. Strong rooting of selenium-containing drugs in the pharmacological market and global use of nutritional supplements to overcome selenium deficiency worldwide are the hallmarks of this period. Inorganic forms of selenium – selenite and sodium selenate were the first drugs to appear (in the 1970s) [35]. In 1984, synthetic selenomethionine was obtained – the first of the organic forms with significantly greater biological activity compared to its predecessors. For many years, it has become the main food form of selenium. Currently, there are several organic selenium-containing drugs: selenocysteine, selenopyran, ebselen [14].

Today, the study of selenium is carried out in many directions. This concerns the role of selenium in the life of humans and animals: its participation in metabolism, in antioxidant defense, in maintaining immunity, in the normal

function of selenium-containing enzymes [95]. The protective function of selenium is being studied, which prevents damage to the DNA chain in case of cancer, and the harmful effects of large doses of selenium on the integrity and repair of DNA [84, 90].

During this period, work is underway to study the role of selenium in the accumulation and migration in the components of the biogeochemical chain "soil-plant-man" [18, 39], possible enrichment of food by selenium both for everyday consumption and for consumption in certain diseases [34, 73, 75], accumulation of selenium by hydrobionts in various water bodies of the Russian Federation [7, 15, 49], as well as adjustments to the accumulation and distribution of selenium in fish when selenium-containing preparations are added to feed, and many other aspects concerning the action of this element on living organisms.

Thus, for many decades, the biological activity of selenium has attracted the attention of scientists. However, despite its unconditional significance in the life of organisms, many features (activity of various forms of compounds, concentration dependences of effects on animals and humans, etc.) remain insufficiently studied to this day.

## 1.2 The biological significance of selenium for living organisms

Selenium is necessary for bone metabolism, iodine metabolism, immune and reproductive functions, and many other important processes, it is nutrient for human health. It is part of specific selenoproteins (e.g., glutathione peroxidase, selenoprotein P, etc.), which have been identified in the human proteome (a totality of body proteins produced by a cell, tissue or organism in a given period of time). The biological functions of some of them are still unknown, whereas for others there is evidence for a role in antioxidant defense, redox state regulation and a wide variety of specific metabolic pathways have been proven.

The need for selenium for the normal functioning of the thyroid gland is well known. This organ contains the largest amount of selenium in terms of 1 g of tissue in the form of selenoproteins, which affect the synthesis of thyroid hormones, and they, in turn, stimulate the growth and development of the body. But the role of selenium in the thyroid gland isn't limited to this. With the participation of glutathione peroxidase, a catalytic reaction of the decomposition of hydrogen peroxide in the body takes place and thereby the damaging effect on the tissue of the thyroid gland is limited [17]. There are few studies that confirm that a low concentration of selenium in the blood combined with iodine deficiency is associated with an increased risk of the formation of diffuse goiter and nodes in the thyroid gland [93]. Several studies have analyzed the incidence of thyroid cancer and low levels of selenium in the blood and urine [88]. The exact mechanisms of the effect of selenium deficiency on the development of cancer are still unknown, but it is assumed that a lack of selenoproteins leads to an increase in free radicals that contribute to carcinogenesis and disease progression.

In animal husbandry, selenium has long been recognized as necessary for successful reproduction. It has been shown that miscarriage in veterinary practice is associated with selenium deficiency, while the use of selenium supplements in sheep prevents premature birth [95]. Studying whether this can also apply to people, scientists found lower levels of selenium in the blood serum of women who had repeated miscarriages in the first trimester. It is estimated that

miscarriages in the early stages may be associated with reduced antioxidant protection of biological membranes due to the low level of selenium in the body [91].

There are several signs that selenium is important for brain function: with selenium deficiency, the speed of neurotransmitters (chemical signal transmitters between neurons) changes; the addition of selenium to the food of children who suffer from an epileptic seizure improved their condition; low levels of selenium in plasma in the elderly are largely associated with accelerated aging and decreased cognitive functions (decreased memory and mental performance) [95]. A number of studies proved the positive effect of selenium on the mood and the general well-being. A low level of selenium is associated with a higher incidence of depression and other negative conditions, such as anxiety, confusion, hostility [87].

Both excess selenium and its deficiency are dangerous for living organisms. Selenosis, or, more specifically, selenium toxicosis - a disease caused by an excess in the diet of the trace element selenium. There are acute and chronic forms of selenosis. In acute selenium poisoning, animals have myopathy, central nervous system disorders, and convulsions. In the event of death, the most characteristic signs are hemorrhage and overfilling of the blood vessels of the lungs. In the chronic form of selenosis, increased salivation, functional disorders of the central nervous system, exhaustion with progressive anemia are observed. In addition, animals may experience fluid accumulation in the body, coarsening of the skin and hair loss, muscle atrophy, blindness, heart and liver failure. With this disease, feathers drop out in chickens and egg production decreases. Chickens usually hatch weak, with an underdeveloped beak, often without eyes and with an abnormal shape of the wings [17, 35, 61].

Especially characteristic symptoms of selenium toxicosis in humans are damage to the nails and hair. In addition, jaundice, peeling of the epidermis, damage to tooth enamel, arthritis, anemia, and nervous disorders are observed. In biogeochemical selenium provinces, people have eczema, constant fatigue and lack of appetite, diseases of the gastrointestinal tract, liver and spleen. With a high

content of this microelement in drinking water, enamel formation is disturbed in people, calcium intake is reduced without changing fluoride uptake [35].

Selenium deficiency is also the cause of widespread diseases of farm animals and poultry – white muscle disease of young animals, toxic liver dystrophy (dietary hepatosis), necrosis of the liver of cattle, cardiac myopathy of pigs, calves and lambs, infertility, skin depigmentation, periodontal disease of sheep, some enteritis, mastitis, anemia and other diseases [18]. With a deep lack of selenium compounds in the human body, the development of various forms of pathologies is also possible. Selenium deficiency is usually not the cause of the disease in itself. Selenium deficiency can make the body more susceptible to diseases caused by other substances, biochemical or infectious stresses.

For example, the work of scientists from the University of North Carolina [83] showed that in an organism with selenium deficiency, harmless viruses can become more virulent or in other words more aggressive. There are also suggestions that selenium is an important nutrient for HIV-infected people [97]. When HIV infection progresses, a huge loss of CD4 lymphocytes occurs in the human body (sometimes called T cells or helper cells) – these are white blood cells that are responsible for the response of the immune system to various infections. A large number of works by foreign authors confirm a decrease in plasma selenium levels in parallel with the loss of CD4 lymphocytes in type 1 HIV. For example, work conducted by employees of the University of Miami showed that in patients with HIV and selenium deficiency in the body, the probability of dying from HIV-related causes is 19.9 times higher than in patients with normal selenium levels [82]. This study showed that low levels of selenium in human blood plasma are a significantly higher risk factor for mortality than a low percentage of CD4 lymphocytes, and pose a much greater risk than deficiency of any other nutrient being studied.

There are three specific diseases associated with selenium deficiency:

1) Keshan disease (cardiomyopathy), which leads to an increase in the heart and a weakening of its function, occurs in children. For a long time it was believed

that the only reason for the development of this disease is selenium deficiency. Currently, it is proved that the cause of the disease is enterovirus infection (Coxsackivirus B3) against the background of deep selenium deficiency and insufficient intake of calcium from food. Nutritional oxidative stress allows the Coxsackie virus to mutate into a virulent strain that causes heart damage. There are four clinical forms of Keshan disease: acute (selenium concentration in the blood serum of patients –  $11.35 \pm 0.28$  mcg/l), subacute, chronic ( $32.4 \pm 0.28$  mcg/l) and latent ( $51.2 \pm 0.86$  mcg/l). In the Russian Federation, this disease is diagnosed in the territory of Buryatia, Yakutia, Chita, Irkutsk, Amur regions [61];

2) Kashin-Beck syndrome (osteoarthropathy), which leads to osteoarthritis. Mostly children (6–13 years old) suffer (peak incidence occurs at 8 years), but people from 4 to 55 years can be affected. Endemic areas – the eastern part of the Chita region, the middle reaches of the Zeya River of the Amur Region. It occurs sporadically in Yakutia, Buryatia and other regions of Russia [61];

3) myxedema endemic cretinism, which leads to mental retardation.

The main source of selenium for a living organism is food, therefore, the content of selenium in the body is determined by diet. Consumption of 20 mg/kg per day for an adult and 0.003 mg/kg for pets is usually taken as the minimum below which symptoms of deficiency appear [35, 95]. The World Health Organization (WHO) has adjusted the minimum intake of selenium for humans to 19 mg per day, which corresponds to 21 mg for men and 16 mg for women based on body weight [95]. Most recommended daily intake doses range from 50 to 60 mg/kg per day, with slight differences between the sexes and for certain categories (e.g. pregnancy) or age groups. For animals, the recommended daily dose is 0.1–0.2 mg/kg per day of dry matter feed.

Determining the upper limits of selenium intake for humans is difficult, because the toxicity of selenium for humans hasn't yet been adequately studied. Acute toxic symptoms are currently diagnosed with selenium intake ranging from 3,200 to 6,700 mg per day, but toxic symptoms have been reported with selenium intake in the amount of 1260 mg per day. Based on this, the US Environmental



Protection Agency has identified 1265 mg per day of selenium as the reference for clinical selenosis [95].

For animals, a feed concentration of more than 5 mg/kg is toxic. In addition, certain plant species eaten by animals have the ability to accumulate a large amount of selenium, which must also be taken into account [17].

Thus, selenium is a physiologically important trace element, indispensable in human and animal nutrition. An analysis of literature data allows us to consider the problems of its deficit, studies on its content in the environment and the possibility of enriching this element of food products as relevant as ever.

### 1.3 Sources of selenium in the environment

#### 1.3.1 Anthropogenic sources of selenium

World "recoverable" supplies of selenium are estimated at 80–90 thousand tons only for copper deposits. Selenium also found in coal and raw oil, which increases the world's potential supplies by 80–90 times [45]. Japan is the world leader in selenium production. Four companies – «Mitsubishi Materials Corp.», «Nippon Mining and Metals Co.», «Shinko Kagaku Kogyo Co.» and «Sumitomo Metal Mining Co.» provide (in different years) from 30 to 50% of its world production.

Canada is the second largest producer of selenium. The firms «Noranda Inc» and "Falconbridge" account for 16-20 % of global production. «Umicore S. A.» (Belgium), the European market leader, produce 100-115 t/year of selenium, which is 10-14 % of its total output in the world.

The firm "Retorte GmbH" (Germany, a smelter enterprises) also produces selenium. In general, the share of German enterprises in global production of selenium is estimated at 7 %. English company «Mining and Chemical Products Ltd.» is also a major producer of selenium [45].

The main (90 %) industrial source of selenium is anode sludge, formed during electrolytic refining of copper. Selenium is also formed by the roasting of zinc sulfide concentrates.

Selenium in the industry is used in glass production for bleaching and making of colored glass. Its compounds in the chemical industry are used as a part of catalysts or oxidizing agents in various processes of organic synthesis. It is used in the rubber industry as vulcanizers and for the increase of durability and elasticity of rubber. In metallurgy, selenium is added in small amounts to iron or copper based alloys to increase the strength and plastic properties. An admixture of selenium in magnesium-manganese alloys increases their corrosion resistance. A large area of selenium use is associated with manganese production: selenium dioxide is added during the electrolysis of manganese to increase the power. Up to the middle of the 20th century, alternating current rectifiers based selenium were

widely used in the manufacture of electronics, but now they are completely replaced by silicon rectifiers. Optoelectronic devices - lasers, LEDs, photodetectors contain selenides of zinc, cadmium, tin, etc. Selenium is also used in medicine and veterinary medicine, cosmetics, consumer goods production, and agriculture (as fertilizers for the soil or spraying the leaves of forage crops) [45].

Environmental pollution with selenium is typical for industrial areas, where it emits into the atmosphere as a result of some metalworking processes from the combustion of coal. In areas where copper sulfide ores are processed, the concentration of selenium in the atmospheric air is 0.15-6.5 mcg/m<sup>3</sup> at a distance of 0.5-10 km from the processing plant [71]. So, some legumes (for example, *melilotus officinalis* or *melilotus albus*) growing on coal ash, contained up to 200 mg of selenium per 1 kg of dry weight, and grass in the vicinity of the phosphate fertilizer plant up to 1.2 mg of selenium per 1 kg of dry weight. Selenium concentrations in champignons growing in the city, reached 11.2 mg/kg dry weight, and in the leaves of trees growing near a copper refinery, they varied within 141-550 mg/kg dry weight [40]. The source of selenium is also fly ash, which is formed during from the combustion of fuel. The input of such ash into the soil leads to an increase in the amount of selenium available for plants [40].

The issue of selenium emissions by various industrial enterprises in Russia is practically not studied. In the production processes, which include heating and mobilization of the element under review, there is a transition of selenium into volatile compounds and its release into the atmosphere. It is known that about 80% of atmospheric selenium returns to the Earth in the form of wet precipitation, mainly near the source of emissions. However, under the adverse weather conditions, selenium can spread over long distances [6]. For example, in Canada, lakes located 30 km from the smelter in Sudbury are polluted with selenium [95]. In Russia, intensive mining and processing of copper ore are carried out in the Orenburg region. The most important mining and processing enterprises of this region are Gaysky, Orsky and Mednogorsky combines, which are located only 20-30 km away from each other. Due to the ease of the formation of volatile selenium

compounds, the process of copper smelting at these enterprises is inevitably accompanied by the release of selenium compounds into the atmosphere. A soil study was carried out near these industrial complexes, which showed intense environmental pollution by selenium within 2 km from the plants (where the concentration of selenium varies from 600-700 to 3000  $\mu\text{g} / \text{kg}$  of soil) [6].

Air pollution caused by selenium can also affect the pollution of open water bodies. Selenium can enter water bodies with mine and industrial effluents. Artificial irrigation of selenium lands leads to an increase in selenium in drainage waters. The use of selenium-containing fertilizers and spraying of plant leaves contribute to the technogenic redistribution of selenium in the environment [18].

Oil production and refining also inevitably lead to the release of deposited selenium, which cause a risk of environmental pollution by this element. It was established that this process is typical for all stages of oil extraction and refining [19]. Examples of environmental risks associated with selenium during oil production and refining are cases of selenium toxicosis in aquatic organisms of the coastal zone of the bay of San Francisco in 1982-1995 [88]. Cases of selenosis were recorded in livestock grazing in fields in the USA that were irrigated with wastewater from an offshore oil company [19].

The existence of such risks is not taken into account in most cases of transporting and refining oil, when oil films, heavy metals, and the toxic effects of polyaromatic hydrocarbons are considered to be major pollutants. Meanwhile, the danger of environmental pollution and aquatic ecosystems, in particular, by selenium is a result of its long-term effect.

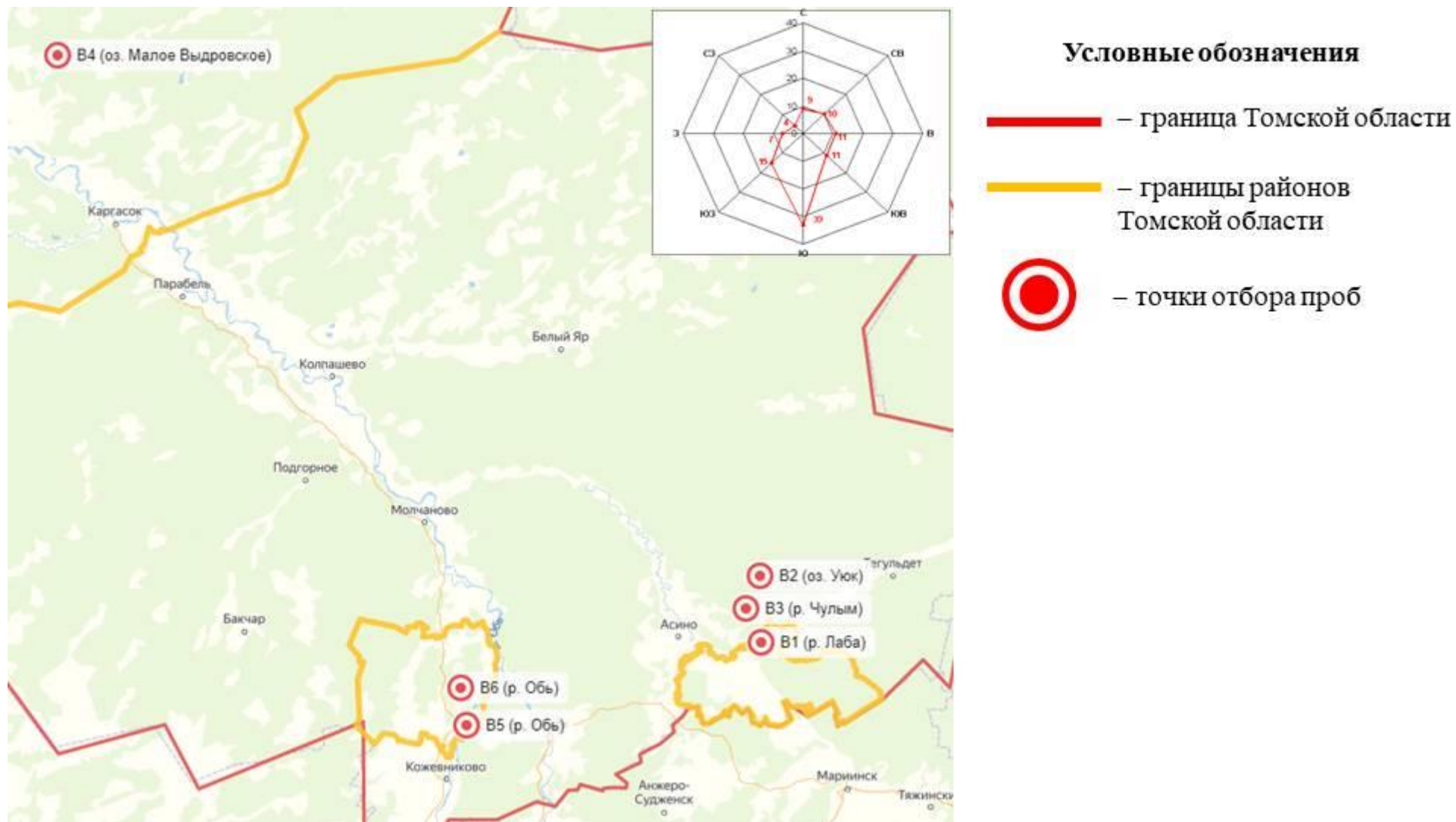
Studies of the selenium content in crude oil from various countries of the world have shown that the level of trace elements can vary within very wide limits and depends on the geochemical features of the area and the physicochemical conditions of formation. Golubkina N.A. conducted a study of the selenium concentration in oil and some products of it is refining (table 1.) [19].

Table – 1. The concentration of selenium in oil and some products of its refining [19]

<b>Object</b>	<b>Selenium concentration</b>
Offshore oil	92-540 mcg/l
Raw oil	100-2200 mcg/l
High molecular oil fraction	150-1650 mcg/kg
Water from a hydrotreater	1800 mcg/l
Oil burning ash	3-10 mg/kg

According to the published data, the main chemical forms of selenium in wastewater after oil refining are selenocyanate ( $\text{SeCN}^-$ ), organic derivatives, selenates and selenites, as well as colloidal selenium ( $\text{Se}^0$ ) [99]. Pollution of aquatic ecosystems by anthropogenic selenium is now becoming the global nature. Cases of selenium toxicosis of aquatic organisms have been reported in the USA, Canada, Mexico, Ecuador, Brazil, Argentina, Great Britain, Sweden, Poland, France, Egypt, Nigeria, the Republic of South Africa, Israel, India, Hong Kong, Japan, Australia and Russia (in the cities of Vladivostok, Nizhny Novgorod) [19].

## Приложение Б – Карта отбора проб обыкновенного окуня на территории Томской области



## Приложение В – Протокол испытаний на содержание селена № 10-1 Р



Министерство науки и высшего образования Российской Федерации  
федеральное государственное автономное  
образовательное учреждение высшего образования  
«Национальный исследовательский Томский политехнический университет» (ТПУ)

### ЛАБОРАТОРИЯ МИКРОЭЛЕМЕНТНОГО АНАЛИЗА

634050, г. Томск-50, пр. Ленина, 30, ТПУ, ИШПР, ОГ, тел.8-906-949-43-69, e-mail osipova@tpu.ru

### ПРОТОКОЛ ИСПЫТАНИЙ НА СОДЕРЖАНИЕ СЕЛЕНА № 10-1 Р Анализ проб мышечной ткани речной рыбы на содержание селена флуориметрическим методом

Выдан заказчику:

Евдокимова Е.А., тел.8-996-938-43-47  
e-mail: evdokimova003@gmail.com  
Заявка от 10.02.2020

Объект испытаний: 6 проб мышечной ткани окуня обыкновенного массой по 2 г, в  
пластиковых пакетах, измельченные

Отбор и представительность проб обеспечены заказчиком

Характеристика метода анализа:

см. Приложение к протоколу

Сертификат на метод и средство измерений:....см. Приложение к протоколу

№ п/п	Шифр пробы	Измеренные значения содержания селена, мкг/кг	№ п/п	Шифр пробы	Измеренные значения содержания селена, мкг/кг
1	Ш-1-20	6,1±1,2	4	Ш-4-20	71,5±14,3
2	Ш-2-20	93,5±18,7	5	Ш-5-20	41±8,2
3	Ш-3-20	122±24,4	6	Ш-6-20	93,7±18,7

Заведующий лабораторией, к.х.н., с.н.с.





TOMSK  
POLYTECHNIC  
UNIVERSITY



ТОМСКИЙ  
ПОЛИТЕХНИЧЕСКИЙ  
УНИВЕРСИТЕТ

Ministry of Science and Higher Education of the Russian Federation  
Federal State Autonomous Educational Institution of Higher Education  
«National Research Tomsk Polytechnic University» (TPU)  
30, Lenin ave., Tomsk, 634050, Russia  
Tel. +7-3822-606333, +7-3822-701779,  
Fax +7-3822-606444, e-mail: tpu@tpu.ru, tpu.ru  
OKPO (National Classification of Enterprises and Organizations):  
02069303,  
Company Number: 027000890168,  
VAT/KPP (Code of Reason for Registration):  
7018007264/701701001, BIC 046902001

Министерство науки и высшего образования Российской Федерации  
федеральное государственное автономное образовательное  
учреждение высшего образования  
«Национальный исследовательский  
Томский политехнический университет» (ТПУ)  
Ленина, пр., д. 30, г. Томск, 634050, Россия  
тел.: +7-3822-606333, +7-3822-701779,  
факс +7-3822-606444, e-mail: tpu@tpu.ru, tpu.ru  
ОКПО 02069303, ОГРН 1027000890168,  
ИНН/КПП: 7018007264/701701001, БИК 046902001

**Инженерная школа природных ресурсов  
Отделение геологии**

**ЛАБОРАТОРИЯ МИКРОЭЛЕМЕНТНОГО АНАЛИЗА**

---

О.С.ОСИПОВА, г. ТОМСК-50, пр. Ленина, 50, 111У, 11111Р, 01, тел. 8-900-949-43-69, e-mail [osipova@tpu.ru](mailto:osipova@tpu.ru)

**ПРИЛОЖЕНИЕ К ПРОТОКОЛУ № 10-1 Р**

**МЕТОДИКИ И АППАРАТУРА, ИСПОЛЬЗОВАННЫЕ ДЛЯ ОПРЕДЕЛЕНИЯ  
СОДЕРЖАНИЯ СЕЛЕНА В ПРОБАХ МЫШЕЧНОЙ ТКАНИ РЕЧНОЙ РЫБЫ**

**1. Методики: «ГОСТ Р 55449-2013. Методика М 04-33-2004»**

Методика выполнения измерений массовой доли селена в пробах пищевых продуктов и продовольственного сырья, комбикормов и комбикормового сырья флуориметрическим методом на анализаторе жидкости «ФЛЮОРАТ-02».

**2. Аппаратура:**

Анализатор жидкости «ФЛЮОРАТ-02» с комплектом светофильтров

Стандартный образец состава раствора ионов селена

ГСО № 7340-96 (1 мг/см<sup>3</sup>)

Свидетельство и регистрации в Госреестре № 15577-13